

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2002289245
PUBLICATION DATE : 04-10-02

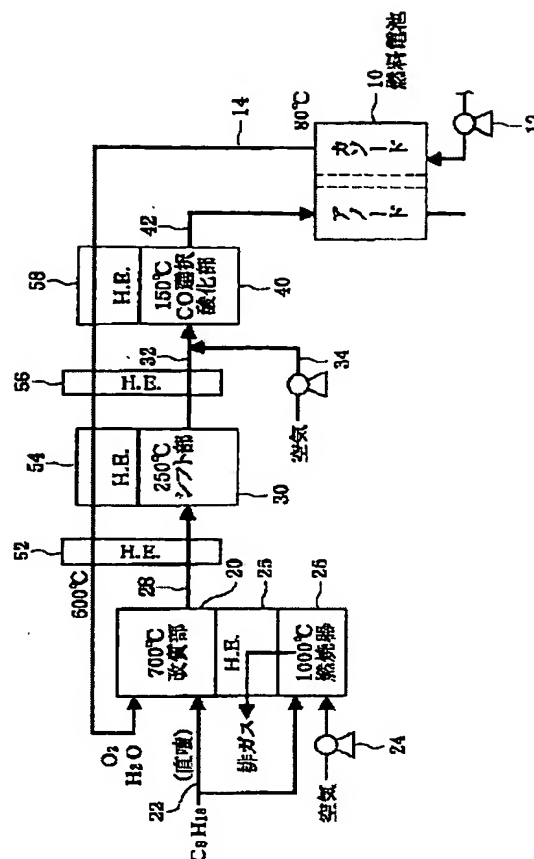
APPLICATION DATE : 23-03-01
APPLICATION NUMBER : 2001085148

APPLICANT : TOYOTA MOTOR CORP;

INVENTOR : IGUCHI SATORU;

INT.CL. : H01M 8/06 C01B 3/38 C01B 3/56
H01M 8/04 // H01M 8/10

TITLE : FUEL CELL SYSTEM FURNISHED
WITH REFORMING PART



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To make a device compact by eliminating a supply source of water and oxygen required at a reforming part outside and prevent reduction of hydrogen concentration in the fuel gas to be supplied to a fuel cell.

SOLUTION: The fuel gas containing hydrogen is generated from iso-octane by a reforming part 20, a shift part 30, a CO selecting oxidizing part 40. Cathode-off gas discharged from the cathode side of the fuel cell 10 is sent to the reforming part 20 by a connecting pipe 14. Additionally, the reforming part 20 is heated by sending combustion gas of a combustor 26 to a heat exchanger 25 adjacent to the reforming part 25. As steam and unreacted oxygen are contained in the cathode off gas, and it is not necessary to provide an evaporator, a pipe to supply oxygen from the outside etc., on the reforming part. As it is possible to restrain a degree of partial oxydizing reaction which is exothermic reaction low by heating the reforming part 20, hydrogen concentration of the fuel gas is not reduced.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

- [Claim 1] The reforming section which generates the reformed gas which uses together a steam-reforming reaction and a partial oxidation reaction, and contains hydrogen from a hydrocarbon system fuel, In a fuel cell system equipped with the fuel cell which generates electricity in response to supply of hydrogen and oxygen, and the passage for reformed gas which leads the reformed gas from said reforming section to said fuel cell The fuel cell system characterized by having the passage for oxygen pole exhaust gas which uses the component of this gas for both the reactions in said reforming section, and a heat tracing means to heat said reforming section from an outside, by leading the gas discharged from the oxygen pole side of said fuel cell to said reforming section.
- [Claim 2] A fuel cell system [equipped with the passage for fuel electrode exhaust gas which leads the gas discharged from the fuel electrode side of said fuel cell to said heat tracing means as a fuel of said heat tracing means] according to claim 1.
- [Claim 3] It is a fuel cell system according to claim 2. Said heat tracing means It has the combustion section which burns the gas from said passage for fuel electrode exhaust gas, and the heat transfer section which tells heat to said reforming section through the combustion gas which occurred in this combustion section. The fuel cell system concerned A fuel cell system equipped with the passage heating means for fuel electrode exhaust gas which raises the temperature of the gas which is formed in the middle of said passage for fuel electrode exhaust gas, and is discharged from said fuel electrode side using the heat from said reforming section.
- [Claim 4] A fuel cell system [equipped with the hydrogen separation section which is prepared in the middle of said passage for reformed gas, and separates hydrogen out of said reformed gas] according to claim 1 to 3.
- [Claim 5] A fuel cell system [equipped with the passage for residual gas which leads the residual gas after hydrogen separation of said hydrogen separation section to said heat tracing means as a fuel of said heat tracing means] according to claim 4.
- [Claim 6] Said hydrogen separation section is a fuel cell system [equipped with the hydrogen demarcation membrane which separates hydrogen using a double-sided hydrogen content pressure deficit] according to claim 4 or 5.
- [Claim 7] The reforming section which generates the reformed gas which uses together a steam-reforming reaction and a partial oxidation reaction, and contains hydrogen from a hydrocarbon system fuel, In a fuel cell system equipped with the fuel cell which generates electricity in response to supply of hydrogen and oxygen, and the passage for reformed gas which leads the reformed gas from said reforming section to said fuel cell By leading to said reforming section, the gas discharged from the oxygen pole side of said fuel cell The fuel cell system characterized by having the passage for oxygen pole exhaust gas which uses the component of this gas for both the reactions in said reforming section, and the hydrogen separation section which is prepared in the middle of said passage for reformed gas, and separates hydrogen out of the reformed gas from said reforming section.
- [Claim 8] Said hydrogen separation section is a fuel cell system [equipped with the hydrogen demarcation membrane which separates hydrogen using a double-sided hydrogen content pressure deficit] according to claim 7.
- [Claim 9] Said this oxidation gas transfer unit takes out a hyperoxia concentration gas from the mixture of gas which contains oxygen at least by having the oxidation gas transfer unit which is a fuel cell system according to claim 1 to 8, and supplies said oxidation gas to said fuel cell, and it is a fuel cell system equipped with an oxygen enrichment means to supply said fuel cell by making the hyperoxia concentration gas which took out into said oxidation gas, this picking.
- [Claim 10] A fuel cell system [equipped with the hydrogen utilization factor control means which controls the hydrogen utilization factor in said fuel cell] according to claim 1 to 9.
- [Claim 11] A fuel cell system [equipped with the water retention tub which can collect some steams in the gas discharged from the oxygen pole side of said fuel cell] according to claim 1 to 10.
- [Claim 12] Said water retention tub is a fuel cell system according to claim 11 which is the configuration prepared in the interior of a fuel cell stack equipped with said fuel cell.
- [Claim 13] Said water retention tub is a fuel cell system according to claim 11 which constitutes said a part of passage for oxygen pole exhaust gas while being prepared in the exterior of a fuel cell stack equipped with said fuel cell.
- [Claim 14] A fuel cell system equipped with a state control means to be a fuel cell system according to claim 13, and to change the internal state which affects dew condensation of the steam in said water retention tub.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

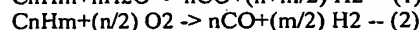
[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the fuel cell system equipped with the reforming section which generates hydrogen from a hydrocarbon system fuel especially using a reforming reaction about a fuel cell system.

[0002]

[Description of the Prior Art] When using a fuel cell as a power plant, it is necessary to supply hydrogen to the hydrogen pole side of a fuel cell. The hydrogen taken out from hydrocarbon system fuels, such as a methanol prepared as a raw material and natural gas, by the reforming reaction was used for supply of hydrogen. As a reforming reaction, there are various reforming reactions, for example, a steam-reforming reaction, and a partial oxidation reaction. The reforming reaction at the time of using natural gas as an example was shown below.

[0003]



[0004] The reaction expressed with an upper type (1) is a steam-reforming reaction, and the reaction expressed with an upper type (2) is a partial oxidation reaction. Although these reactions can also adopt either, they can also work both sides in the one reforming department to coincidence. A steam-reforming reaction is endothermic reaction and a partial oxidation reaction can balance the income and outgo of the heating value in the reforming section from it being exothermic reaction by using a steam-reforming reaction and a partial oxidation reaction in the one reforming department as mentioned above. A steam-reforming reaction is supplying water and a partial oxidation reaction is promoted by supplying oxygen so that these reactions may be expressed with an upper type (1) and (2). [0005] Conventionally, as a technique of performing efficiently supply of the water in the above-mentioned reforming section, and oxygen, as shown in JP,2000-195534,A, the technique of making the reforming section circulating through the off-gas discharged from an oxygen pole side at the time of operation of a fuel cell is proposed. According to this technique, an evaporator, the conduit which supplies oxygen from an outside can be made unnecessary by aiming at reuse of the steam and the unreacted oxygen which are generated by operation of a fuel cell.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In order to make unnecessary the conduit which supplies oxygen from an evaporator or the exterior, it is necessary to see from the income and outgo of the heating value in the reforming section, and to raise a partial oxidation reaction to a certain amount of magnitude naturally. At the partial oxidation reaction, since not only carbon but hydrogen oxidized, when extent of a partial oxidation reaction was raised, the problem that will become big and the hydrogen concentration of the reformed gas generated decreased produced the amount of hydrogen which oxidizes.

[0007] This invention aims at being compatible in attaining miniaturization of equipment as outside unnecessary in the source of supply of the water which is needed in the reforming section, or oxygen, and preventing reduction of the hydrogen concentration in the fuel gas supplied to a fuel cell.

[0008]

[The means for solving a technical problem, and its operation and effectiveness] The configuration shown below was taken as a means for solving a part of technical problem [at least] mentioned above.

[0009] The reforming section which generates the reformed gas which the 1st fuel cell system of this invention uses together a steam-reforming reaction and a partial oxidation reaction, and contains hydrogen from a hydrocarbon system fuel, In a fuel cell system equipped with the fuel cell which generates electricity in response to supply of hydrogen and oxygen, and the passage for reformed gas which leads the reformed gas from said reforming section to said fuel cell It is making into the summary to have the passage for oxygen pole exhaust gas which uses the component of this gas for both the reactions in said reforming section, and a heat tracing means to heat said reforming section from an outside, by leading the gas discharged from the oxygen pole side of said fuel cell to said reforming section.

[0010] According to the fuel cell system of the above-mentioned configuration, the gas discharged from the oxygen pole side of a fuel cell by the passage for oxygen pole exhaust gas is sent to the reforming section. Meals can be provided in the system of a system, without forming the conduit which supplies oxygen for water required for a steam-reforming reaction, and air required for a partial oxidation reaction from an evaporator or the exterior separately into this gas, since the steam and the unreacted oxygen which are generated by operation of a fuel cell are contained. For this reason, the miniaturization of a system can be attained. And since the reforming section is heated by the heat tracing means, even if it stops low extent of the partial oxidation reaction which is exothermic reaction, balance of the income and outgo of the heating value in the reforming section is not broken down. For this reason, the fall of the amount of hydrogen by the partial oxidation reaction can be suppressed, and reduction of the hydrogen concentration in reformed gas can be prevented. That is, according to this 1st fuel cell system, coexistence with the miniaturization of a system and reduction prevention of the hydrogen concentration in reformed gas can be aimed at.

[0011] In the 1st fuel cell system of the above-mentioned configuration, it can consider as a configuration equipped with the passage for fuel electrode exhaust gas which leads the gas discharged from the fuel electrode side of said fuel cell to said heat tracing means as a fuel of said heat tracing means.

[0012] According to this configuration, meals can be provided with the exhaust gas which discards the fuel of a heat tracing means conventionally. Therefore, the energy efficiency in the whole system of a system is excellent.

[0013] In a fuel cell system equipped with the above-mentioned passage for fuel electrode exhaust gas said heat tracing means It has the combustion section which burns the gas from said passage for fuel electrode exhaust gas, and the heat transfer section which tells

heat to said reforming section through the combustion gas which occurred in this combustion section. The fuel cell system concerned is prepared in the middle of said passage for fuel electrode exhaust gas, and can be considered as a configuration equipped with the passage heating means for fuel electrode exhaust gas which raises the temperature of the gas discharged from said fuel electrode side using the heat from said reforming section.

[0014] The gas discharged from the fuel electrode side of a fuel cell has comparatively low temperature from becoming the temperature according to the operating temperature of a fuel cell. For this reason, even if it burns that gas as it is in the combustion section, it is difficult to fully raise the temperature of the reforming section in that temperature of combustion. In the fuel cell system of this configuration, with the heat from the reforming section, since the above-mentioned gas is raised to sufficient temperature, it becomes high [the temperature of combustion] enough. For this reason, the reforming section can be easily raised to high temperature required for a reforming reaction.

[0015] In the 1st fuel cell system of the above-mentioned configuration, it is prepared in the middle of said passage for reformed gas, and can be considered as a configuration equipped with the hydrogen separation section which separates hydrogen out of said reformed gas.

[0016] According to this configuration, since the hydrogen in reformed gas is separable with the hydrogen separation section, as fuel gas supplied to a fuel cell, gas with still higher hydrogen concentration can be obtained.

[0017] In a fuel cell system equipped with the above-mentioned hydrogen separation section, it can also be considered as a configuration equipped with the passage for residual gas which leads the residual gas after hydrogen separation of said hydrogen separation section to said heat tracing means as a fuel of said heat tracing means.

[0018] According to this configuration, the fuel of a heat tracing means can be provided by the residual gas after hydrogen separation of the hydrogen separation section. Therefore, the energy efficiency in the whole system of a system is excellent.

[0019] In a fuel cell system equipped with the above-mentioned hydrogen separation section, said hydrogen separation section can be considered as a configuration equipped with the hydrogen demarcation membrane which separates hydrogen using a double-sided hydrogen content pressure deficit.

[0020] If a hydrogen partial pressure is reduced by supplying purge gas to the hydrogen separation section etc., it is efficiently separable with a hydrogen demarcation membrane.

[0021] The reforming section which generates the reformed gas which the 2nd fuel cell system of this invention uses together a steam-reforming reaction and a partial oxidation reaction, and contains hydrogen from a hydrocarbon system fuel. In a fuel cell system equipped with the fuel cell which generates electricity in response to supply of hydrogen and oxygen, and the passage for reformed gas which leads the reformed gas from said reforming section to said fuel cell. By leading to said reforming section, the gas discharged from the oxygen pole side of said fuel cell. It is prepared in the middle of the passage for oxygen pole exhaust gas which uses the component of this gas for both the reactions in said reforming section, and said passage for reformed gas, and is making into the summary to have the hydrogen separation section which separates hydrogen out of the reformed gas from said reforming section.

[0022] According to the fuel cell system of the above-mentioned configuration, the gas discharged from the oxygen pole side of a fuel cell by the passage for oxygen pole exhaust gas is sent to the reforming section. Means can be provided in the system of a system, without forming the conduit which supplies oxygen for water required for a steam-reforming reaction, and air required for a partial oxidation reaction from an evaporator or the exterior separately into this gas, since the steam and the unreacted oxygen which are generated by operation of a fuel cell are contained. For this reason, the miniaturization of a system can be attained. When returning the gas discharged from the oxygen pole side of a fuel cell to the reforming section, as the term of Object of the Invention explained, it is necessary to raise extent of a partial oxidation reaction. In the fuel cell system of this configuration, since the hydrogen in reformed gas is separable with the hydrogen separation section, even if the hydrogen concentration of reformed gas decreases by raising extent of a metaphor partial oxidation reaction, gas with hydrogen concentration high as fuel gas supplied to a fuel cell can be obtained. That is, according to this 2nd fuel cell system, coexistence with the miniaturization of a system and reduction prevention of the hydrogen concentration in fuel gas can be aimed at.

[0023] In the fuel cell system of the above 2nd, said hydrogen separation section can be considered as a configuration equipped with the hydrogen demarcation membrane which separates hydrogen using a double-sided hydrogen content pressure deficit.

[0024] If a hydrogen partial pressure is reduced by supplying purge gas to the hydrogen separation section etc., it is efficiently separable with a hydrogen demarcation membrane.

[0025] In the above 1st or the 2nd fuel cell system, it can have the oxidation gas transfer unit which supplies said oxidation gas to said fuel cell, and said this oxidation gas transfer unit can be considered as a configuration equipped with an oxygen enrichment means to take out a hyperoxia concentration gas from the mixture of gas which contains oxygen at least, and to supply said fuel cell by making into said oxidation gas this hyperoxia concentration gas that took out picking.

[0026] According to this configuration, the nitrogen concentration contained in reformed gas decreases, and since the dilution rate by nitrogen gas is reduced, the hydrogen concentration in reformed gas can be raised further.

[0027] In the above 1st or the 2nd fuel cell system, it can be considered as a configuration equipped with the hydrogen utilization factor control means which controls the hydrogen utilization factor in said fuel cell.

[0028] According to this configuration, the amount of the water generated in the cathode side of a fuel cell can be changed by changing a hydrogen utilization factor by the hydrogen utilization factor control means, and the water vapor content in the gas discharged from the oxygen pole side of a fuel cell can be changed. Therefore, since the water vapor content contained in the exhaust gas of the above-mentioned oxygen pole can be increased by changing the hydrogen utilization factor of a fuel cell also when more water is needed in the reforming section at the times of operation which does not usually come out at the time of starting and a load effect etc., required water can fully be provided with the reforming section only by the gas. For this reason, also a sake [at the time of non-usual operation], separately, since it is not necessary to form the conduit which supplies oxygen from an evaporator or the exterior, the miniaturization of a system is realized certainly.

[0029] In the above 1st or the 2nd fuel cell system, it can also be considered as a configuration equipped with the water retention tub which can collect some steams in the gas discharged from the oxygen pole side of said fuel cell.

[0030] According to this configuration, also when the water in the reforming section cannot be provided only with the exhaust gas from an oxygen pole side, it becomes possible to supply the water of a complement to the reforming section by using the water stored in the water retention tub.

[0031] In the above-mentioned configuration, said water retention tub can be considered as the configuration prepared in the interior of a fuel cell stack equipped with said fuel cell.

[0032] According to this configuration, a water retention tub will always be maintained at fixed temperature in response to the operating temperature of a fuel cell. For this reason, are concerned, there is nothing in the amount of water generation in a fuel cell, and the water of about 1 quantum can be stored in a water retention tub.

[0033] In a configuration equipped with the above-mentioned water retention tub, said water retention tub can be considered as the configuration which becomes said a part of passage for oxygen pole exhaust gas while it is prepared in the exterior of a fuel cell stack equipped with said fuel cell. In this configuration, it can also consider as a configuration equipped with a state control means to change the internal state which affects dew condensation of the steam in said water retention tub.

[0034] According to this configuration, water is stored by the water retention tub in the middle of the passage for oxygen pole exhaust gas. This water retention tub is adjusted to the internal state which affects dew condensation of a steam by the state control means. For this reason, it becomes possible to control the amount of dew condensation of the steam in a water retention tub of storage, i.e., the amount of water.

[0035]

[Other modes of invention] This invention contains other following modes. The mode is a mode as a fuel cell system equipped with the air utilization rate control means which controls the air utilization rate in said fuel cell in the fuel cell system indicated to each claim of the column of a claim. In this mode, the amount of the oxygen generated in the oxygen pole side of a fuel cell can be changed by changing an air utilization rate by the air utilization rate control means, and the amount of oxygen in the gas discharged from the oxygen pole side of a fuel cell can be changed. Therefore, since the amount of oxygen contained in the exhaust gas of the above-mentioned oxygen pole can be increased by changing the air utilization rate of a fuel cell also when more oxygen is needed in the reforming section, required air can fully be provided with the reforming section only by the gas.

[0036]

[Embodiment of the Invention] The gestalt of operation of this invention is explained in order of the following based on an example. A. 1st example: -- cathode off-gas -- the reforming section -- modification [of the supply + heat tracing B. 1st example]: -- anode off-gas as a fuel of heat tracing The use C. 2nd example: cathode off-gas the reforming section -- supply + hydrogen demarcation membrane D. 3rd example: -- cathode off-gas the reforming section -- supply + hydrogen demarcation membrane + heat tracing E. 4th example: -- configuration F. 5th example: equipped with the oxygen enrichment section -- configuration G. 6th example: which carries out adjustable [of the hydrogen utilization factor] -- 1st modification [of the configuration H. 6th example equipped with the reservoir tank of water]: -- a reservoir tank The 2nd modification of the configuration I. the 6th example prepared in the interior of a stack: The modification of configuration J. which carries out adjustable [of the temperature of a reservoir tank], and others [0037] A. The 1st example: it is the explanatory view in which supply + heat tracing drawing 1 shows the outline configuration of the fuel cell system as the 1st example to the reforming section for cathode off-gas. this fuel cell system -- a raw material -- decomposing -- hydrogen -- it consists of fuel cells 10 which acquire electromotive force according to the electrochemical reaction using the fuel gas generative system which generates rich fuel gas, the hydrogen in the generated fuel gas, and the oxygen in air. [0038] In case a fuel cell 10 generates electricity, specifically, they are a polymer electrolyte fuel cell, a phosphoric acid fuel cell, etc. that what is necessary is just the thing of the class which carries out the byproduct of the water (steam). In this example, it was comparatively small and the fuel cell of the solid-state macromolecule membrane type which is excellent in generating efficiency was applied. A fuel cell 10 carries out two or more laminations of an electrolyte membrane, a cathode, an anode, and the cel that consists of separators, and is constituted. An electrolyte membrane is the ion exchange membrane of proton conductivity formed by solid-state polymeric materials, such as fluororesin. Both the cathode and the anode are formed of the carbon cross which wove the carbon fiber. The separator is formed of the conductive gas member which is not penetrated, such as substantia-compacta carbon which compressed carbon and it presupposed gas un-penetrating. The passage of fuel gas and oxidation gas is formed between an anode and a cathode. The air into which oxidation gas was compressed by the press pump 12 is used, and fuel gas is generated by the fuel gas generative system.

[0039] In the anode side of a fuel cell 10, if fuel gas is sent in, a hydrogen ion will be generated ($H_2 \rightarrow 2H^{++} + 2e^-$). On the other hand, if air is sent in in a cathode side, oxygen ion will be generated from the oxygen in this air, and power will occur within a fuel cell. Moreover, in a cathode, the byproduct of the water is carried out to this and coincidence from said hydrogen ion and oxygen ion ($O_2 + 2H^{++} + 2e^- \rightarrow H_2O$). (1/2) Most of these water absorbs the heat generated within a fuel cell, and it is generated as a steam. The end of a communication trunk 14 is connected to the cathode side of a fuel cell 10 so that it can send into the reforming section 20 which mentions later the steam generated by this cathode side.

[0040] The outline configuration of the fuel gas generative system for generating fuel gas from a raw material is as follows. The gasoline which uses an isooctane (C_8H_{18}) as a principal component is used for a raw material. This fuel gas generative system is equipped with the reforming section 20 which generates the gas (it is hereafter called reformed gas) which reforms an isooctane and contains hydrogen, and the shift section 30 and CO selective oxidation section 40 which remove CO from the reformed gas generated in this reforming section 20. In addition, it can also consider as the configuration using oxygenated fuels, such as other hydrocarbon fuels, such as natural gas, and alcohol, at a raw material.

[0041] The other end of the communication trunk 14 connected to the cathode side of the fuel cell 10 which the supply pipe 22 connected to the fuel tank which is not illustrated is connected to the reforming section 20, and was mentioned above is connected. From a supply pipe 22, a gasoline is sprayed directly. From a communication trunk 14, the steam generated with a fuel cell 10 and the unreacted oxygen which remains are supplied by sending in the cathode off-gas of a fuel cell 10. The interior of the reforming section 20 is equipped with the catalyst for reforming which promotes a reforming reaction. When using a gasoline and natural gas as a raw material, a nickel catalyst and rhodium noble metals can be used as a catalyst for reforming, and when using a methanol as a raw material, it is known that a CuO-ZnO system catalyst, a Cu-ZnO system catalyst, etc. are effective.

[0042] In the reforming section 20, the steam-reforming reaction and partial oxidation reaction which were previously shown by the formula (1) and (2) occur collectively in response to supply of an isooctane, water, and oxygen. In addition, it is all that are depended on the communication trunk 14 mentioned above, and the water to the reforming section 20 and supply of oxygen are not made by other means from the outside. Of course, it can also consider as a configuration equipped with the system which supplies water (or steam) and oxygen depending on the property of the case where a load is changed, or a fuel cell separately.

[0043] The combustor 26 is adjoined and formed in the above-mentioned reforming section 20 through the heat exchanger (heat exchanger) 25. As a fuel of a combustor 26, some gasolines from the fuel tank (the same as that of the fuel tank which supplies a gasoline to the reforming section 20) which is not illustrated are supplied. Moreover, air is supplied to a combustor 26 by the press pump 24. A combustor 26 burns in response to supply of a gasoline and air. The combustion gas of a combustor 26 is discharged outside through the interior of a heat exchanger 25. By the combustion gas from a combustor 26, the temperature up of the heat exchanger 25 was carried out, and it has told heat to the reforming section 20.

[0044] The shift section 30 is connected to said reforming section 20 through the communication trunk 28. This shift section 30 makes CO in the reformed gas generated in the reforming section 20 react with water, and carries out conversion to CO_2 . Specifically, the conversion reaction of this shift section 30 is a reaction shown by $CO + H_2O \rightarrow H_2 + CO_2$. In addition, since water is discharged also from an anode side as water required for the conversion reaction in this shift section in addition to the water contained in the cathode

off-gas of a fuel cell 10, these water may be collected and additional supply may be carried out at the shift section 30.

[0045] CO selective oxidation section 40 is connected to said shift section 30 through the communication trunk 32. This CO selective oxidation section 40 oxidizes, and carries out conversion of CO which was not removed in the shift section 30 to CO₂. Oxygen is required for the conversion reaction ($\text{CO} + (1/2) \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$) of this CO selective oxidation section 40. Therefore, the conduit 34 which sends in air as a source of oxygen is connected to the communication trunk 32.

[0046] The fuel gas passage by the side of the anode in a fuel cell 10 is connected to said CO selective oxidation section 40 through the communication trunk 42. The gas discharged from CO selective oxidation section 40 is sent to a fuel cell 10 through a communication trunk 42 as fuel gas.

[0047] In addition, heat exchangers 54 and 58 adjoin the shift section 30 and CO selective oxidation section 40, respectively, and heat exchangers 52 and 56 are formed in the communication trunk 28 between the reforming section 20 and the shift section 30, and the communication trunk 32 between the shift section 30 and CO selective oxidation section 40, respectively. While a temperature control is planned from an outside by heat exchangers 54 and 58, as for the shift section 30 and CO selective oxidation section 40, a temperature control is planned from the inside through cathode off-gas by heat exchangers 52 and 56. Consequently, the shift section 30 is adjusted to the optimal temperature for that conversion, and CO selective oxidation section 40 is adjusted to the temperature which suppresses generation of heat produced by burning CO.

[0048] In addition, the communication trunk 14 which sends the cathode off-gas of a fuel cell 10 is also ****(ed), and heat exchangers 52, 54, 56, and 58 are performing heat exchange so that the heating value obtained in the reformed gas, the shift section 30, or CO selective oxidation section 40 from the reforming section may be transmitted to a communication trunk 14 side.

[0049] In the fuel cell system of the above-mentioned configuration, the temperature control of each part is planned by the heat exchanger 25 and the above-mentioned heat exchangers 52, 54, 56, and 58 which adjoin the reforming section 20. It explains below to what temperature each part is adjusted.

[0050] First, the air content of 1.2 is sent for a SUTOIKI ratio to the cathode of a fuel cell 10 by the press pump 12. Here, a SUTOIKI ratio shows the rate of an excess of the oxygen at the time of setting the amount of oxygen required for a generation-of-electrical-energy reaction ($\text{H}_2 + (1/2) \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$) to 1.0. In a fuel cell 10, only the part exceeding the SUTOIKI ratio 1.0 is discharged in cathode off-gas, without consuming oxygen. Consequently, 3% N₂ becomes [H₂O] and, as for cathode off-gas, O₂ becomes 23% of component ratio 74%. The temperature of this cathode off-gas becomes about 80 degrees C in response to the operating temperature (a solid-state macromolecule mold about 80 degrees C) of a fuel cell. Cathode off-gas is heated in order by the heat exchanger 58, the heat exchanger 56, the heat exchanger 54, and the heat exchanger 52, and a temperature up is carried out to about 600 degrees C. This gas flows into the reforming section 20.

[0051] On the other hand, as mentioned above, the isooctane is supplied to the reforming section 20, and reforming of the isooctane is carried out using the oxygen and water which are contained in cathode off-gas. The component ratios of the mixed gas inside the reforming section at this time are as follows O/C(oxygen/carbon) = 0.4 and S/C(steam/carbon) = 2.2.

[0052] Drawing 2 is a graph which shows the value of S/C to the SUTOIKI ratio of the oxygen of a cathode in the configuration which sends cathode off-gas into the reforming section 20, and O/C. This graph makes the trial calculation of O/C and S/C to each SUTOIKI ratio noting that the SUTOIKI ratio of the cathode of a fuel cell 10 is the value of 1.0 to 1.5. In addition, all the steams that the reforming reaction effectiveness of the reforming section is 100 [%], and were generated with the cathode as a prerequisite of this trial calculation shall be contained in cathode off-gas. Moreover, the trial calculation of the hydrogen utilization factor by the side of the anode of a fuel cell is made as 80%.

[0053] When a SUTOIKI ratio is 1.2 which is the numeric value of this example so that the graph shown in drawing 2 may show, O/C is set to 0.4 and S/C is set to 2.2. That is, it becomes possible by sending the oxygen content gas of the SUTOIKI ratio 1.2 into a fuel cell 10 to supply only the steam exceeding a water vapor content (S/C = about 1.6) indispensable of the steam-reforming reaction in the reforming section 20 to the reforming section 20.

[0054] In return and the reforming section 20, when O/C of mixed gas is 0.7 or less, it becomes drawing 1 with endothermic reaction, but in this example, since it is O/C=0.4 as mentioned above, it becomes endothermic reaction and heating values run short. In this example, as for the reforming section 20, the temperature control is planned by being heated through a heat exchanger 25 with a combustor 26.

[0055] In detail, a combustor 26 sends the combustion gas which air is burned and becomes about 1000 degrees C to a heat exchanger 25. Consequently, the reforming section 20 which adjoins a heat exchanger 25 will be heated by about 700 degrees C. As for the reformed gas by which reforming was carried out in the reforming section 20, temperature is lowered by the heat exchanger 52. A heat exchanger 52 is telling a heating value to a communication trunk 14 side, the fall of the temperature of the reformed gas discharged from the reforming section 20 is aimed at, and the temperature inside the shift section 30 is reduced by about 250 degrees C suitable for a water gas shift reaction by this heat exchanger 52 and the heat exchanger 54 which adjoins the shift section 30.

[0056] As for the gas in which conversion was carried out by the shift section 30, temperature is further lowered by the heat exchanger 56. A heat exchanger 56 is telling a heating value to a communication trunk 14 side, the fall of the temperature of the gas discharged from the shift section 30 is aimed at, and the temperature inside CO selective oxidation section 40 is suppressed by about 150 degrees C by this heat exchanger 56 and the heat exchanger 58 which adjoins the shift section 30. The fuel gas discharged from CO selective oxidation section 40 is sent to the passage by the side of the anode of a fuel cell 10 as it is.

[0057] According to the fuel cell system of this 1st example constituted as mentioned above, the cathode off-gas discharged from the cathode side of a fuel cell 10 is sent to the reforming section 20 by the communication trunk 14 equivalent to the passage for oxygen pole exhaust gas. Meals can be provided in the system of a system, without forming the conduit which supplies oxygen for water required for a steam-reforming reaction, and air required for a partial oxidation reaction from an evaporator or the exterior separately into cathode off-gas, since the steam and the unreacted oxygen which are generated by operation of a fuel cell 10 are contained. For this reason, the miniaturization of a system can be attained. And since the reforming section 20 is heated with a combustor 26, even if it stops low extent of the partial oxidation reaction which is exothermic reaction, balance of the income and outgo of the heating value in the reforming section 20 is not broken down. For this reason, the fall of the amount of hydrogen by the partial oxidation reaction can be suppressed, and reduction of the hydrogen concentration in reformed gas can be prevented.

[0058] That is, according to the fuel cell system of this 1st example, coexistence with the miniaturization of a system and reduction prevention of the hydrogen concentration in reformed gas can be aimed at.

[0059] B. The modification of the 1st example : it was not especially explaining how the anode off-gas discharged from the anode of a fuel cell 10 in the 1st example of use considering anode off-gas as a fuel of heat tracing would be processed. Usually, it is sending into the combustor (what has another combustor 26 for the reforming sections) which does not illustrate anode off-gas, and the configuration which incinerates the hydrogen of the remainder contained in anode off-gas is taken. Drawing 3 is the explanatory view showing the outline configuration of the fuel cell system as a modification of the 1st example. In this modification, the case where

anode off-gas was used as a fuel of the combustor 26 which heats the reforming section 20 was illustrated. That is, the end of a communication trunk 90 is connected to the anode side of a fuel cell 10, and the other end of this communication trunk 90 is connected with the combustor 26 so that it may illustrate, and the anode off-gas of a fuel cell 10 can be sent into a combustor 26. In addition, in this 2nd example, the combustor 26 has not received supply of a gasoline from a fuel tank like the 1st example. However, when a rapid heating value is at the time of a load effect, it can also consider as the configuration which receives the gasoline supply from a fuel cell tank as correspondence when there are few amounts of return hydrogen from a stack.

[0060] In the middle of this communication trunk 90, the heat exchanger 52 between a communication trunk 14 and a communication trunk 28 is inserted so that heat exchange may be carried out also to this communication trunk 90. Usually destroying by fire and canceling of anode off-gas from that hydrogen concentration is low and the operating temperature of a fuel cell 10 being low, as mentioned above was only completed. On the other hand, in this modification, by once heating anode off-gas by the heat exchanger 52, a temperature up is carried out to about 500 degrees C, and it is considering as the available configuration at the combustor 26.

[0061] The anode off-gas of a fuel cell 10 has comparatively low temperature from becoming the temperature according to the operating temperature of a fuel cell 10. For this reason, even if it burns anode off-gas as it is with a combustor 26, it is difficult to fully raise the temperature of the reforming section 20 in that temperature of combustion. In the fuel cell system of this modification, with the heat from the reforming section 20, since the above-mentioned gas is raised to sufficient temperature, it becomes high [the temperature of combustion] enough. For this reason, the reforming section 20 can be easily raised to high temperature required for a reforming reaction.

[0062] Therefore, this modification can be provided with the anode off-gas which discards the fuel of a combustor 26 conventionally. Therefore, the energy efficiency in the whole system of a system is excellent.

[0063] C. The 2nd example : it is the explanatory view in which supply + hydrogen demarcation membrane drawing 4 shows the outline configuration of the fuel cell system as the 2nd example to the reforming section for cathode off-gas. This fuel cell system consists of a fuel gas generative system and a fuel cell 110 like the 1st example. A fuel cell 110 is the same as the fuel cell 10 of the 1st example, and that of a fuel gas generative system is peculiar to the 2nd example.

[0064] The end of a communication trunk 114 is connected to the cathode side of a fuel cell 10 so that it can send into the reforming section 120 which mentions later the steam generated by this cathode side.

[0065] The outline configuration of the fuel gas generative system for generating fuel gas from a raw material is as follows. The gasoline which uses an isooctane as a principal component is used for a raw material like the 1st example. This fuel gas generative system is equipped with the reforming section 120 which generates the reformed gas which reforms an isooctane and contains hydrogen, and the hydrogen separation section 130 which separates hydrogen from the reformed gas generated in this reforming section 20. In addition, it can also consider as the configuration using oxygenated fuels, such as other hydrocarbon fuels, such as natural gas, and alcohol, at a raw material.

[0066] The other end of the communication trunk 114 connected to the cathode side of the fuel cell 10 which the supply pipe 122 connected to the fuel tank which is not illustrated is connected to the reforming section 120, and was mentioned above is connected. From a supply pipe 122, a gasoline is sprayed directly. From a communication trunk 114, the steam generated with a fuel cell 10 and the unreacted oxygen which remains are supplied by sending in the cathode off-gas of a fuel cell 10. The reforming section 120 is the same as that of the reforming section 20 of the 1st example. In addition, it is all that are depended on the communication trunk 114 mentioned above like the 1st example, and supply of the water and oxygen which are needed in the reforming section 120 with a steam-reforming reaction and a partial oxidation reaction is not made by other means from the outside. Of course, it can also consider as a configuration equipped with the system which supplies water (or steam) and oxygen depending on the property of the case where a load is changed, or a fuel cell separately.

[0067] The hydrogen separation section 130 is connected to said reforming section 120 through the communication trunk 128. In addition, the heat exchanger 142 is formed between the communication trunks 114 and the above-mentioned communication trunks 128 which supply cathode off-gas to the reforming section 120. The heat exchanger 142 is performing heat exchange so that the heating value obtained with the reformed gas from the reforming section 120 through the communication trunk 114 may be transmitted to a communication trunk 114 side.

[0068] The hydrogen separation section 130 has composition which sandwiched hydrogen demarcation membrane 130a by 1st chamber portion 130b for a reformed gas injection, and 2nd chamber portion 130c for hydrogen gas discharge. The above-mentioned communication trunk 129 is connected to 1st chamber portion 130b. In addition, the shift catalyst is built in this 1st chamber portion 130b. A shift catalyst does so the same function as the shift section 30 of the 1st example, makes CO in reformed gas react with water, and carries out conversion to CO₂. Hydrogen demarcation membrane 130a is the film which consisted of metals which have hydrogen permselectivity, such as palladium. Although having constituted from a palladium metal simple substance was also possible, by this example, the film which was made to support the particle of palladium and was formed into the pore of the porosity base material which consisted of ceramics was used for hydrogen demarcation membrane 130a. The structure of hydrogen demarcation membrane 130a of this example is explained further.

[0069] Drawing 5 is the sectional view of hydrogen demarcation membrane 130a. Hydrogen demarcation membrane 130a of this example is the porosity base material with a thickness of 0.1mm - 5mm with which the hydrogen separation metal was supported. Inside hydrogen demarcation membrane 130a, the ceramic particle a1 which constitutes a porosity base material vacates spacing which is about hundreds of Å, exists, and forms pore as illustrated. The palladium particle a2 which is a hydrogen separation metal is supported inside this pore. On account of illustration, although it is indicated that the palladium particles a2 are scattered, it is densely supported in fact by extent which plugs up the pore of a porosity base material inside. However, all pores are not plugged up.

[0070] In case the mixed gas containing hydrogen passes through the clearance between the ceramic particles a1, the palladium particle a2 should just be supported by extent which be closed with the palladium particle a2 and which shifts and passes that pore inevitably. In addition, the various matter which has the property which penetrates hydrogen alternatively as a metal to support can be applied, and the alloy of palladium and silver, the alloy of vanadium, etc. can be used. Moreover, an alumina, silicon nitride, a silica, etc. can be used as a ceramic particle. This hydrogen demarcation membrane 130a can be manufactured by the sinking-in supporting method which the solvent which melted the palladium particle a2 to the porosity base material formed beforehand is infiltrated, and is calcinated, the method of calcinating the polymer which mixed the ceramic particle which constitutes a porosity base material, and the palladium particle, etc.

[0071] The hydrogen which was generated by drawing 4 by the reforming reaction in return and the reforming section 120, and has been supplied to 1st chamber portion 130b through a communication trunk 128 passes hydrogen demarcation membrane 130a to the 2nd chamber portion 130c side by the hydrogen content pressure deficit of 1st chamber portion 130b and 2nd chamber portion 130c. Any gas other than hydrogen is exhausted in order not to pass hydrogen demarcation membrane 130a. In this example, purge gas circulates through the pump 156 for circulation to 2nd chamber portion 130c. Moreover, air can be added now to a purge gas

circulation line through a path 150 as purge gas for starting of the circulatory system. In addition, as the above-mentioned purge gas, inert gas, such as nitrogen, is desirable.

[0072] 2nd chamber portion 130c is connected with the fuel cell 110 through the communication trunk 152. The hydrogen separated by the hydrogen separation section 130 is supplied to the anode side of a fuel cell 110 as fuel gas with purge gas.

[0073] The off-gas from the anode of a fuel cell 110 is returned to 2nd chamber portion 130c of the hydrogen separation section 130 by the communication trunk 154. That is, the circuit between 2nd chamber portion 130c of the hydrogen separation section 130 and a fuel cell is formed of a communication trunk 152 and a communication trunk 154. It is placed between these communication trunks 154 by the pump 156 for circulation, and gas (anode off-gas (i.e., hydrogen and purge gas)) circulates through a circuit with the pump 156 for circulation. In addition, the path 150 mentioned above is connected to the above-mentioned communication trunk 154, and air is supplied in a circuit as a ** and an object for pressure maintenance at the time of starting.

[0074] Moreover, the heat exchanger 158 is formed between the communication trunk 152 and the communication trunk 154. A heat exchanger 158 is performing heat exchange so that the temperature of anode off-gas may be raised to the temperature suitable for the hydrogen separation section 130, while reducing the temperature of the fuel gas discharged from 2nd chamber portion 130c of the hydrogen separation section 130 to the temperature suitable for operation of a fuel cell 110.

[0075] In addition, in the fuel cell system of this 2nd example, the pressure by the side of reformed gas supply in the hydrogen separation section 130 is made higher than the pressure by the side of the purge gas circulation from the hydrogen separation section 130 so that the pressure of 1st chamber portion 130b may become higher than the pressure of 2nd chamber portion 130c in the hydrogen separation section 130. By this configuration, transparency of hydrogen arises in hydrogen demarcation membrane 130a which separates 1st chamber portion 130b and 2nd chamber portion 130c.

[0076] According to the fuel cell system of this 2nd example constituted as mentioned above, the cathode off-gas of a fuel cell 110 is sent to the reforming section 20 by the communication trunk 114 equivalent to the passage for oxygen pole exhaust gas. Meals can be provided in the system of a system, without forming the conduit which supplies oxygen for water required for a steam-reforming reaction, and air required for a partial oxidation reaction from an evaporator or the exterior separately into cathode off-gas, since the steam and the unreacted oxygen which are generated by operation of a fuel cell 110 are contained. For this reason, the miniaturization of a system can be attained. When returning the cathode off-gas of a fuel cell to the reforming section, it is necessary to raise extent of a partial oxidation reaction. In the fuel cell system of this configuration, since the hydrogen in reformed gas is separable with the hydrogen separation section 130, the pressure in the hydrogen separation section by making high the pressure of 1st chamber portion 130b rather than 2nd chamber portion 130c. Even if the hydrogen concentration of reformed gas decreases by raising extent of a metaphor partial oxidation reaction, gas with hydrogen concentration high as fuel gas supplied to a fuel cell 110 can be obtained. That is, according to the fuel cell system of this 2nd example, coexistence with the miniaturization of a system and reduction prevention of the hydrogen concentration in generation gas can be aimed at.

[0077] D. The 3rd example: it is the explanatory view in which supply + hydrogen demarcation membrane + heat tracing drawing 6 shows the outline configuration of the fuel cell system as the 3rd example to the reforming section for cathode off-gas. This fuel cell system is the configuration which was equipped with the configuration of the 2nd example (the same number as the 2nd example was attached to the same parts as the 2nd example), and was further equipped with the combustor 126 for heating the reforming section 120. Like the 1st example, through the heat exchanger 125, a combustor 126 adjoins and is prepared in the detail. As a fuel of a combustor 26, the residual gas of 1st chamber portion 130b of the hydrogen separation section 130 is supplied. That is, air is supplied to a combustor 126 by the press pump 124 again. 1st chamber portion 130b of the hydrogen separation section 130 and a combustor 126 are connected by the communication trunk 129.

[0078] A combustor 126 burns in response to supply of the residual gas from the hydrogen separation section 130, and air. The combustion gas of a combustor 126 is discharged outside through the interior of a heat exchanger 125. By the combustion gas from a combustor 126, the temperature up of the heat exchanger 125 was carried out, and it has told heat to the reforming section 120.

[0079] The temperature control of each part is planned by the heat exchanger 125 by which the fuel cell system of the above-mentioned configuration adjoins the reforming section 120, and the heat exchanger 142, 158 prepared also in the 2nd example. It explains below to what temperature each part is adjusted.

[0080] First, the air by which the SUTOIKI ratio was raised to 1.2 with the press pump 112 is sent to the cathode of a fuel cell 110 like the 1st example. 74%, 3%, N₂ becomes [H₂O] and, as for the cathode off-gas from a fuel cell, O₂ becomes 23% of component ratio. The temperature of this cathode off-gas becomes about 80 degrees C in response to the operating temperature (a solid-state macromolecule mold about 80 degrees C) of a fuel cell. Cathode off-gas is heated by the heat exchanger 142, and becomes about 400 degrees C. This gas is sent to the reforming section 120.

[0081] On the other hand, the isooctane is supplied to the reforming section 120 and reforming of the isooctane is carried out to it using the oxygen and water which are contained in cathode off-gas. The component ratios of the mixed gas inside the reforming section at this time are O/C=0.4 and S/C=2.2, as the 1st example explained. In the reforming section, when O/C of mixed gas is 0.7 or less, it becomes endothermic reaction, but in this example, since it is O/C=0.4 as mentioned above, it becomes endothermic reaction and heating values run short. In this example, as for the reforming section 120, the temperature control is planned by being heated through a heat exchanger 125 with a combustor 126.

[0082] In detail, a combustor 126 sends the combustion gas which air is burned and becomes about 1000 degrees C to a heat exchanger 125. Consequently, the reforming section 120 which adjoins a heat exchanger 125 will be heated by about 700 degrees C. As for the reformed gas by which reforming was carried out in the reforming section 120, temperature is lowered by the heat exchanger 142. A heat exchanger 142 is telling a heating value to a communication trunk 114 side, and falls to the temperature suitable for the water gas shift reaction in the hydrogen separation section 130 the temperature of the reformed gas discharged from the reforming section 120. This reformed gas becomes about 500 degrees C, and is sent to the hydrogen separation section 130.

[0083] the hydrogen which the fall of the temperature of gas does not have and is discharged from the hydrogen separation section 130 in the hydrogen separation section 130 — temperature is lowered to about 100 degrees C by the heat exchanger 158, and rich fuel gas is sent to a fuel cell 110. The anode off-gas of a fuel cell 110 becomes same about 80 degrees C as the operating temperature of a fuel cell 110, and a temperature up is carried out after that to about 400 degrees C by the heat exchanger 158, and it is returned to the hydrogen separation section 130.

[0084] Each process in the fuel gas generative system of the above-mentioned configuration explains below to what kind of value the hydrogen concentration in gas changes. the reformed gas discharged from the reforming section 120 — 6.3%, 52.6%, CO₂ serves as [H₂O] and CO serves as [H₂ / N₂] 11.5% of component ratio 5.1% 24.5%. residual hydrogen gas which is not penetrated [which is discharged from 1st chamber portion 130b of the hydrogen separation section 130] — 1.7%, 68.8%, CO₂ serves as [H₂O] and CO serves as [H₂ / N₂] 8.9% of component ratio 12.9% 7.6%. For this reason, since this residual gas burns enough, it is supplied to a combustor 126 through a communication trunk 129 as fuel gas.

[0085] Since it is not necessary to form the conduit which supplies oxygen from an evaporator or the exterior in the reforming section 120 like the 2nd example, while being able to attain the miniaturization of a system according to the fuel cell system of the 3rd example constituted as mentioned above, reduction prevention of the hydrogen concentration in reformed gas can also be aimed at by forming the hydrogen separation section 130. Furthermore, in this 3rd example, since the reforming section 120 is heated with a combustor 126, even if it stops low extent of the partial oxidation reaction which is exothermic reaction, balance of the income and outgo of the heating value in the reforming section 120 is not broken down. For this reason, the fall of the amount of hydrogen by the partial oxidation reaction can be suppressed, and reduction of the hydrogen concentration in reformed gas can be prevented. That is, according to the fuel cell system of this 3rd example, reduction of the hydrogen concentration in generation gas can be prevented further.

[0086] Drawing 7 is a graph which shows the effectiveness of hydrogen generation of the 1st thru/or the fuel cell system of the 3rd example. This graph takes the effectiveness E of hydrogen generation of the SUTOIKI ratio of the oxidation gas supplied to the cathode of a fuel cell 110 on an axis of ordinate along an axis of abscissa. Here, effectiveness E is defined by a degree type (3) or (4). [0087]

1. In Case of Example (2nd and 3rd Example) Equipped with Hydrogen Separation Section Rate of Amount of Effectiveness $E = \text{Generation Hydrogen} \times \text{Hydrogen Permeation} / \text{Fuel Efficiency (LHV)}$ -- (3)

Here, the rate of hydrogen permeation is a rate of hydrogen permeation of hydrogen demarcation membrane 130a. In the 2nd and 3rd example of the above, it may be 80%.

2. In Case of Example (1st Example) Which is not Equipped with Hydrogen Separation Section Amount of Effectiveness $E = \text{Generation Hydrogen} \times \text{Hydrogen Utilization Factor} / \text{Fuel Efficiency (LHV)}$ -- (3)

Here, a hydrogen utilization factor is a hydrogen utilization factor in an anode. In the 1st example of the above, it may be 80%.

[0088] Among drawing, a continuous line shows the effectiveness E over the SUTOIKI ratio of the cathode gas of the 3rd example, and an alternate long and short dash line shows the effectiveness E over the SUTOIKI ratio of the cathode gas of the 1st and 2nd examples. In addition, a drawing solid line can also show the effectiveness E over the SUTOIKI ratio of the cathode gas of the modification of the 1st example.

[0089] With the configuration which supplies the 3rd example, i.e., cathode off-gas, to the reforming section, prepares a hydrogen demarcation membrane, and performs heat tracing, effectiveness E is very high so that it may illustrate. Effectiveness E is so high that reforming is especially performed with a steam-reforming subject so that drawing 2 may also show so that the SUTOIKI ratio of cathode gas is small that is. Effectiveness E can also realize the well head of 80% or more. Moreover, as compared with the conventional technique (the wavy line showed among drawing), a well head is realizable also in the 1st example or the 2nd example. Furthermore, effectiveness E is very high in the modification of the 1st example, i.e., the modification which used anode off-gas as a fuel of heat tracing, to the same extent as the 3rd example.

[0090] Therefore, according to the 1st thru/or the 3rd example, the graph shown in drawing 7 also shows that the hydrogen concentration in generation gas can be raised.

[0091] E. The 4th example : in a configuration 1st thru/or the 3rd example equipped with the oxygen enrichment section, the air into which the oxidation gas supplied to the cathode side of a fuel cell 10 (or 110) was compressed by the press pump 12 (or 112) is used. Drawing 8 is the explanatory view of the fuel cell system of the 4th example showing a configuration in part. This 4th example is equipped with the 1st thru/or the same configuration as any one of the 3rd examples, and is equipped with a configuration peculiar to the oxidation gas transfer unit which supplies oxidation gas to a fuel cell 10 (110) on it.

[0092] As shown in drawing 8, the oxidation gas transfer unit is equipped with the oxidation gas supply line 190 connected to the oxidation gas passageway by the side of the cathode of a fuel cell 10 (110), and the press pump 12 (or 112) formed in the middle like the 1st thru/or the 3rd example. Furthermore, in this modification, it is the configuration equipped with the oxygen enrichment section 192 between the press pump 12 (112) and the fuel cell 10 (110).

[0093] The oxygen enrichment section 192 is field-type oxygen enricher, and an oxygen molecule is a paramagnetism and it performs processing (oxygen enrichment) which raises the oxygen density in air using high magnetic susceptibility being shown. The magnetic susceptibility of an oxygen molecule is 106.2×10^{-6} emu/g. Thus, the nitrogen which occupies about 75.5% in air to the oxygen which occupies about 23% in air being a paramagnetism is diamagnetism, and the magnetic susceptibility is -0.43×10^{-6} emu/g. Therefore, using these properties, oxygen and nitrogen can be separated in a field and high-concentration oxygen can be obtained from air. That is, if air is drawn into a field, the oxygen which shows a paramagnetism moves in the direction of a magnetic pole, and since the remaining components of the air which most becomes from nitrogen show diamagnetism, they can be moved in the direction which keeps away from a magnetic pole, and can take out high-concentration oxygen from near a magnetic pole by this.

[0094] Specifically, the oxygen enrichment section 192 is the rotary type thing which rotation Rota was prepared [thing] in casing and made the space between casing and rotation Rota generate a field by the field generating section.

[0095] According to this 4th example, the nitrogen concentration contained in reformed gas decreases, and the dilution rate by nitrogen gas is reduced. Therefore, the hydrogen concentration in reformed gas can be raised further. In addition, in this modification, as an oxygen enriching means, although rotary type field-type oxygen enricher was used, it can also consider as the configuration using the equipment which takes out a hyperoxia concentration gas by other methods, such as an oxygen enriching device which adopted the pressure-swing-adsorption method for changing to this, repeating an adsorption stroke and a desorption stroke, and performing gas separation.

[0096] F. The 5th example : although the configuration 1st thru/or the 4th example which carries out adjustable [of the hydrogen utilization factor] does not especially explain how the generation-of-electrical-energy conditions of a fuel cell 10 are determined, generation-of-electrical-energy conditions, such as the amount of load currents, are usually controlled by the output-control unit which is not illustrated. The fuel cell system of this 5th example was equipped with the 1st thru/or the same configuration as any one of the 4th examples, and considered it as the configuration which performs control to which the amount of load currents is changed in the above-mentioned output-control unit on it at the times of operation which does not usually come out at the time of starting and a load effect etc.

[0097] If the amount of load currents is changed, the amount of consumption hydrogen (the amount of load currents is proportional to the amount of hydrogen which reacted) will change, and the hydrogen utilization factor of a fuel cell will change. Since the amount of the water generated in the cathode side of a fuel cell changes because a hydrogen utilization factor changes, the water vapor content in cathode off-gas changes. For this reason, even if more water is needed in the reforming section at the time of starting and a load effect, it becomes possible by making the amount of load currents high to make [many] the amount of the steam generated in a cathode side from the ability of a hydrogen utilization factor to be made [consequently] high.

[0098] Therefore, since the water vapor content contained in cathode off-gas can be increased by changing the hydrogen utilization factor of a fuel cell also when more water is needed in the reforming section at the times of operation which does not usually come out

at the time of starting and a load effect etc. according to this 5th example, required water can fully be provided with the reforming section only with cathode off-gas. For this reason, also a sake [at the time of non-usual operation], separately, since it is not necessary to form the conduit which supplies oxygen from an evaporator or the exterior, the miniaturization of a system is realized certainly.

[0099] G. The 6th example : although the water vapor content in cathode off-gas is made adjustable by making the hydrogen utilization factor of a fuel cell adjustable in the 5th example equipped with the reservoir tank of water of the configuration above, according to this configuration, many steams are able to be made to be contained in cathode off-gas from the amount of water which is needed in the reforming section. In this configuration, this 6th example sent the water which formed the reservoir tank which collects excessive moisture between the cathode of a fuel cell, and a reforming machine, and was collected by the reservoir tank to the reforming section.

[0100] Drawing 9 is the explanatory view showing the outline configuration of the fuel cell system as this 6th example. This fuel cell system is equipped with the same configuration as the 5th example (type equipped with the configuration of the 1st example) which made the hydrogen utilization factor adjustable, and is equipped with the reservoir tank 202 which adjoins a fuel cell 10 on it.

[0101] Drawing 10 is the explanatory view showing the outline configuration of the reservoir tank 202. The pars basilaris ossis occipitalis of fuel cell stack 10A equipped with a fuel cell 10 is adjoined, and the box-like reservoir tank 202 is formed so that it may illustrate. The reservoir tank 202 is equipped with a communication trunk 14 (drawing 9) and exhaust-port 202a open for free passage while it is open for free passage with fuel cell stack 10A. Cathode off-gas is sent to a communication trunk 14 from exhaust-port 202a through this reservoir tank 202. If the water vapor content in cathode off-gas increases, a steam will dew and will be stored by the pars basilaris ossis occipitalis of the reservoir tank 202. The end of the communication trunk 204 for water is connected to the pars basilaris ossis occipitalis of the reservoir tank 202.

[0102] The other end of return and the communication trunk 204 for water is connected with drawing 9 at the downstream near the reforming section 20 of a communication trunk 14. The pump 206 is formed in the middle of the communication trunk 204 for water. A pump 206 is controlled by the output-control unit 208. The output-control unit 208 controls operation of a pump 206 while performing control to which the amount of load currents is changed like the output-control unit as used in the field of the 5th example. The output-control unit 208 sets up the hydrogen utilization factor of a fuel cell lowness from an initial complement, and he is trying for the steam in cathode off-gas to specifically serve as supersaturation. Consequently, the water from which the steam dewed and changed to the reservoir tank 202 is stored. the water which the pump 206 was worked and was stored in the reservoir tank 202 when much water was needed from those at the time of starting and a load effect etc. -- business -- it sends to the communication trunk 14 which follows the reforming section 20 through a communication trunk 204.

[0103] By the above-mentioned configuration, also in case more water is needed, sufficient water for the reforming section can be supplied from the reservoir tank 202. Therefore, since supply of water can be ensured to the reforming section, without forming separately the conduit which supplies oxygen from an evaporator or the exterior, the miniaturization of a system is realized much more certainly.

[0104] In addition, although it realizes based on the 5th example which made the hydrogen utilization factor adjustable after having the configuration of the 1st example, this 6th example can be changed to this and can also be considered as the configuration realized based on the 5th example which made the hydrogen utilization factor adjustable after having the configuration of the either the 2nd or thru/or the 4th example. Moreover, although this 6th example was a configuration equipped with the 5th example as a basic configuration, it is replaceable with this, in order to make [many] the water vapor content in cathode off-gas, it can form a reservoir tank in the 1st thru/or the 4th example which is the configuration which has not made the hydrogen utilization factor adjustable intentionally, and can also consider it as the configuration which supplies the water stored in that reservoir tank to the reforming section 20,120.

[0105] H. The 1st modification of the 6th example : although considered as the configuration which formed the reservoir tank 202 in the exterior of a fuel cell in the 6th example of the configuration above which formed the reservoir tank in the interior of a stack, it can change to this and a reservoir tank can be considered as the configuration prepared in the interior of fuel cell stack 10A equipped with a fuel cell 10. Drawing 11 is the explanatory view showing the reservoir tank 212 formed in the interior of fuel cell stack 10A. The reservoir tank 212 is formed inside the pars basilaris ossis occipitalis of fuel cell stack 10A so that it may illustrate. The reservoir tank 212 is carrying out the tray configuration which the upper part opened. A supersaturated part dews and the steam generated within the fuel cell is stored in the reservoir tank 212. The water stored in this reservoir tank 212 is supplied to the reforming section as the communication trunk which supplies cathode off-gas to the reforming section is also in another duct like the 6th example.

[0106] Since supply of water can be ensured to the reforming section, without forming separately the conduit which supplies oxygen from an evaporator or the exterior according to this modification as well as the 6th example, the miniaturization of a system is realized much more certainly.

[0107] In addition, in this modification, the reservoir tank 212 will always be maintained at fixed temperature in response to the operating temperature of a fuel cell. For this reason, it can be concerned with the amount of water generation in a fuel cell, and water can be supplied at a reforming machine as amount of water (amount of water always corresponding to the utilization factor of cathode gas) there is nothing and fixed in cathode off-gas is also. Therefore, S/C control in the reforming section becomes easy.

[0108] I. -- 2nd modification [of the 6th example]: -- although the reservoir tank 202 was formed in the exterior of a fuel cell stack in the 6th example of a configuration which carries out adjustable [of the temperature of a reservoir tank], in this configuration, this modification made temperature of the reservoir tank 202 adjustable further. Drawing 12 is the explanatory view which looked at the reservoir tank 202 in this modification from the lower part. The duct 220 where the cooling water of the fuel cell stack A is introduced, and the duct 222 where the combustion gas (exhaust gas) which occurred with the combustor 26 and was discharged from the heat exchanger 25 is introduced **** in the base of the reservoir tank 202 in the shape of meandering, and are arranged in it so that it may illustrate. The 1st bulb 224 is formed in a duct 220, and the 2nd bulb 226 is formed in the duct 222, respectively. The temperature of the reservoir tank 202 can be lowered by controlling the circulating water flow which flows a duct 220 by the bulb 224. The temperature of the reservoir tank 202 can be raised by controlling the amount of the combustion gas which flows a duct 222 by the bulb 226.

[0109] Therefore, the reservoir tank 202 can be adjusted to desired temperature by adjusting the opening of a bulb 224,226. Consequently, it becomes controllable [the amount of dew condensation of the steam in the reservoir tank 202 of storage, i.e., the amount of water,]. Consequently, according to this modification, it becomes possible to perform S/C control in the reforming section without being dependent on the amount of steam generation in a fuel cell.

[0110] In addition, in the 2nd modification of this 6th example, it can change to the configuration which makes temperature in the reservoir tank 202 adjustable, and can also consider as the configuration which makes the pressure in the reservoir tank 202 adjustable. It can also consider as the configuration which affects dew condensation of the steam in the reservoir tank 202, and will make which physical quantity adjustable in short if it is the physical quantity in which adjustable is possible about the amount of dew condensation.

[0111] J. According to the 6th example in which others carried out the modification above-mentioned, and its 1st and 2nd modification, it is the configuration which supplies the water which formed the reservoir tank which collects some steams in cathode off-gas, and was stored in the reservoir tank to the reforming section. It can change to this configuration and can also consider as the configuration which collects water from the combustion gas (exhaust gas) discharged through the heat exchanger 25 from the combustor 26,126, and supplies that water to the reforming section in the fuel cell system of a configuration equipped with a combustor 26,126, i.e., the 1st example, the modification of the 1st example, and the 3rd - the 5th example.

[0112] Furthermore, in the 6th example and its 1st and 2nd modification, water can be collected from the combustion gas (exhaust gas) discharged through the heat exchanger 25 from the combustor 26,126, and the water can also be considered as delivery and the configuration which always secures the water in the reservoir tank 202,212 at the reservoir tank 202,212.

[0113] In each example mentioned above, although all cathode off-gas was considered as the configuration supplied to the reforming section, it changes to this, only a complement is supplied to the reforming section out of cathode off-gas, and the amount of excess is good also as a configuration discharged out of the system of a fuel cell system. When there are too many amounts of oxygen in cathode off-gas, a part will be discharged out of the system of a fuel cell system.

[0114] Although the water which the water vapor content contained in cathode off-gas is increased, and is supplied to the reforming section by changing the hydrogen utilization factor of a fuel cell was controlled in said 5th example, it can change to this and can also consider as the configuration which controls the oxygen which the amount of oxygen contained in cathode off-gas is increased, and is supplied to the reforming section by changing the air utilization rate of a fuel cell. With this configuration, the amount of the oxygen generated in the cathode side of a fuel cell can be changed by changing the air utilization rate of a fuel cell, and the amount of oxygen in the gas discharged from the cathode side of a fuel cell can be changed. Therefore, since the amount of oxygen contained in the exhaust gas of the above-mentioned cathode can be increased by changing the air utilization rate of a fuel cell also when more oxygen is needed in the reforming section, required air can fully be provided with the reforming section only by the gas.

[0115] In each example mentioned above, supply of water or oxygen is omitted from the outside of the system of a fuel cell system to the reforming section. Fundamentally, it aims at providing required water and oxygen with the reforming section within the system of a fuel cell system. However, it is not necessary to necessarily provide required water and oxygen with the reforming section altogether within the system of a fuel cell system, and air entrainment Rhine is prepared separately, you may make it add oxygen, a water supply line is prepared separately, and you may make it add water in this invention.

[0116] as mentioned above, although one example of this invention has been explained in full detail, this invention is not limited to such an example at all, and comes out not to mention the ability to carry out in the mode which becomes various in the range which does not deviate from the summary of this invention.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] It is the explanatory view showing the outline configuration of the fuel cell system as the 1st example.
[Drawing 2] It is the graph which shows the value of S/C to the SUTOIKI ratio of the oxygen of a cathode, and O/C in the configuration which sends cathode off-gas into the reforming section 20.
[Drawing 3] It is the explanatory view showing the outline configuration of the fuel cell system as a modification of the 1st example.
[Drawing 4] It is the explanatory view showing the outline configuration of the fuel cell system as the 2nd example.
[Drawing 5] It is the sectional view of hydrogen demarcation membrane 130a.
[Drawing 6] It is the explanatory view showing the outline configuration of the fuel cell system as the 3rd example.
[Drawing 7] It is the graph which shows the effectiveness of hydrogen generation of the 1st thru/or the fuel cell system of the 3rd example.
[Drawing 8] It is the explanatory view of the fuel cell system of the 4th example showing a configuration in part.
[Drawing 9] It is the explanatory view showing the outline configuration of the fuel cell system as the 6th example.
[Drawing 10] It is the explanatory view showing the outline configuration of the reservoir tank 202.
[Drawing 11] It is the explanatory view showing the reservoir tank 212 formed in the interior of fuel cell stack 10A.
[Drawing 12] It is the explanatory view which looked at the reservoir tank 202 in the 2nd modification of the 6th example from the lower part.

[Description of Notations]

- 10 -- Fuel cell
- 10A -- Fuel cell stack
- 12 -- Press pump
- 14 -- Communication trunk
- 20 -- Reforming section
- 22 -- Supply pipe
- 24 -- Press pump
- 25 -- Heat exchanger
- 26 -- Combustor
- 28 -- Communication trunk
- 30 -- Shift section
- 32 -- Communication trunk
- 34 -- Conduit
- 42 -- Communication trunk
- 52, 54, 56, 58 -- Heat exchanger
- 90 -- Communication trunk
- 110 -- Fuel cell
- 112 -- Press pump
- 114 -- Communication trunk
- 120 -- Reforming section
- 122 -- Supply pipe
- 124 -- Press pump
- 125 -- Heat exchanger
- 126 -- Combustor
- 128 -- Communication trunk
- 129 -- Communication trunk
- 130 -- Hydrogen separation section
- 130a -- Hydrogen demarcation membrane
- 130b -- The 1st chamber portion
- 130c -- The 2nd chamber portion
- 142, 158 -- Heat exchanger
- 150 -- Path
- 152 -- Communication trunk
- 154 -- Communication trunk
- 156 -- Pump for circulation
- 158 -- Heat exchanger
- 190 -- Oxidation gas supply line
- 192 -- Oxygen enrichment section
- 202 -- Reservoir tank
- 202a -- Exhaust port
- 204 -- Communication trunk for water
- 206 -- Pump
- 208 -- Output-control unit

212 -- Reservoir tank
220 -- Duct
222 -- Duct
224,226 -- Bulb

[Translation done.]

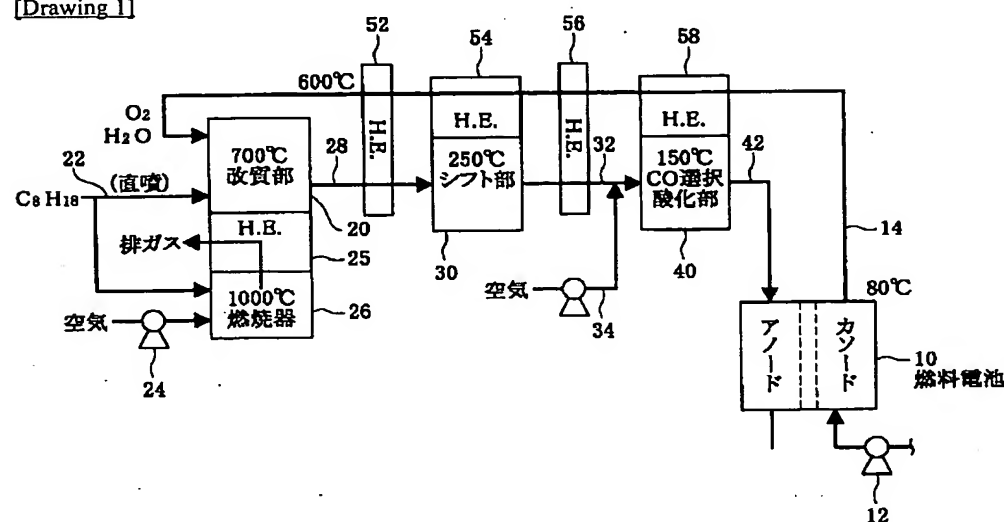
* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

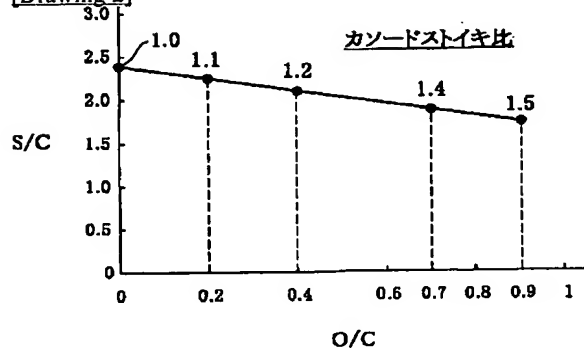
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

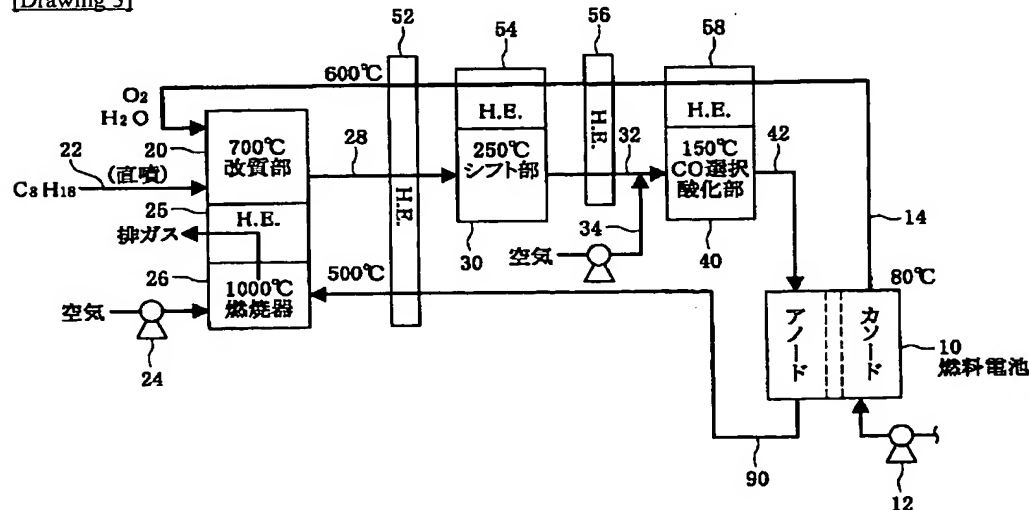
[Drawing 1]



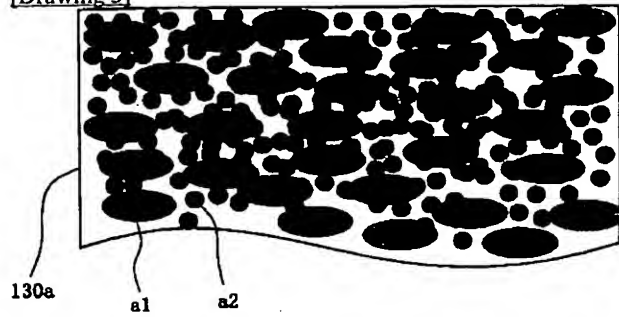
[Drawing 2]



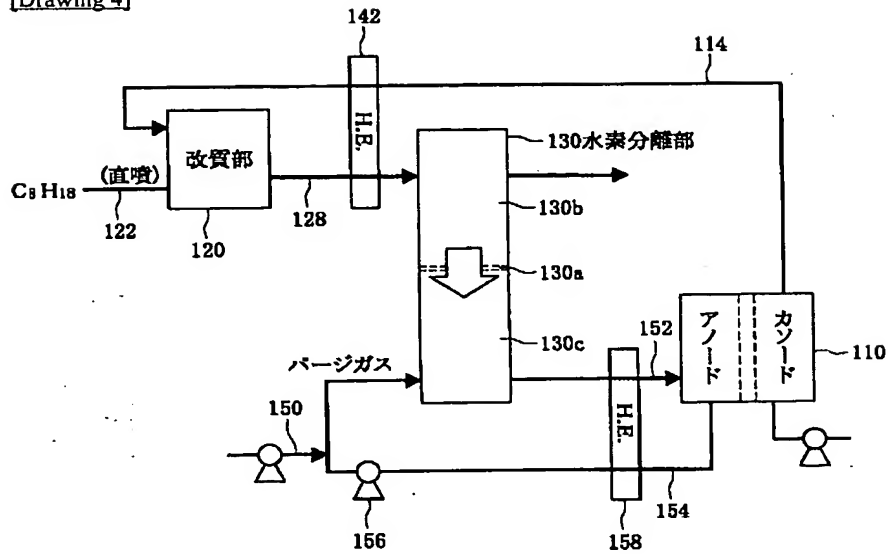
[Drawing 3]



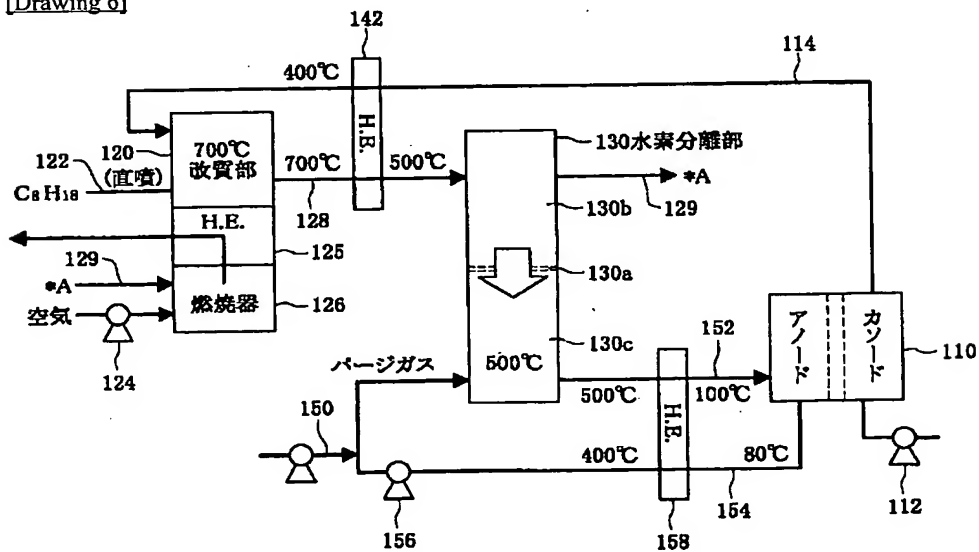
[Drawing 5]



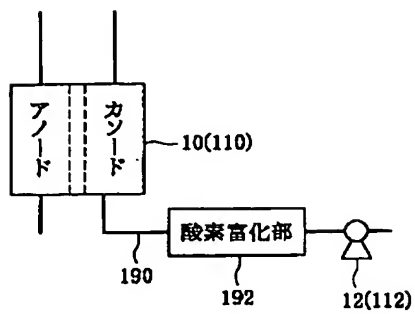
[Drawing 4]



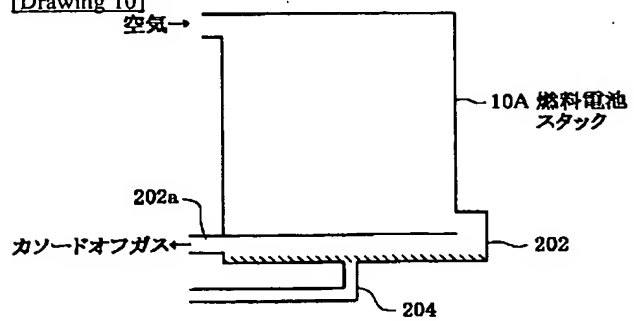
[Drawing 6]



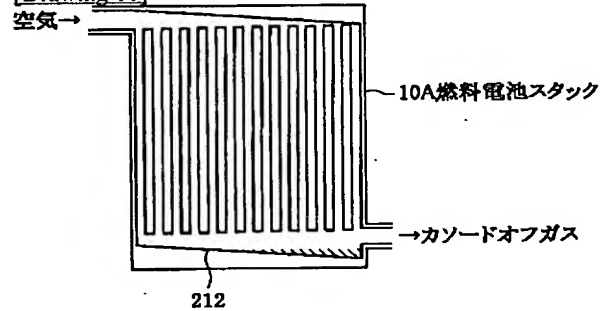
[Drawing 8]



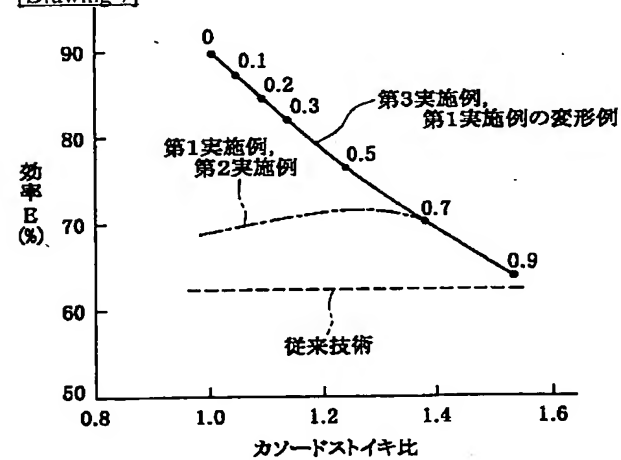
[Drawing 10]



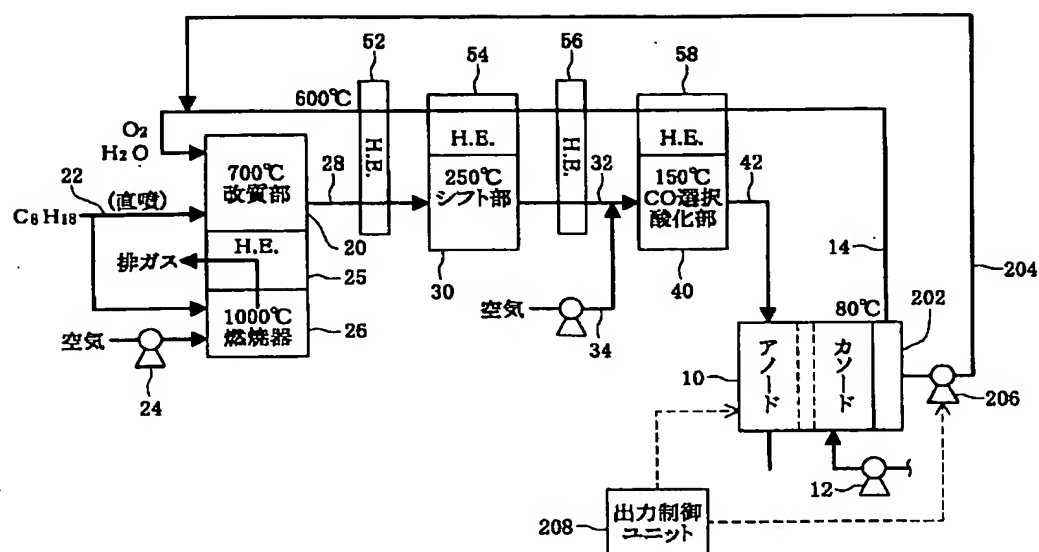
[Drawing 11]



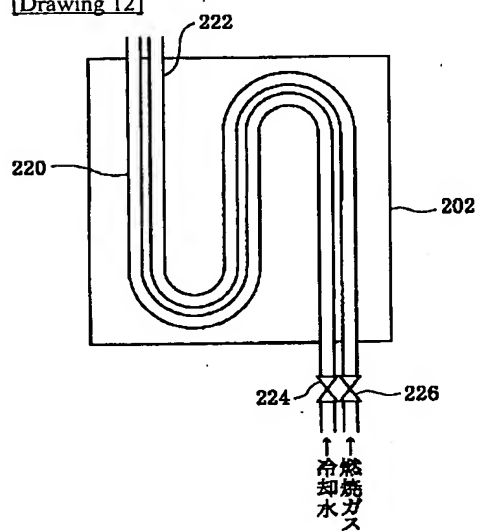
[Drawing 7]



[Drawing 9]



[Drawing 12]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-289245

(P2002-289245A)

(43) 公開日 平成14年10月4日 (2002.10.4)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 1 M 8/06		H 0 1 M 8/06	C 4 G 0 4 0
			B 4 G 1 4 0
C 0 1 B 3/38		C 0 1 B 3/38	5 H 0 2 6
	3/56		Z 5 H 0 2 7
H 0 1 M 8/04		H 0 1 M 8/04	J

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-85148(P2001-85148)

(22) 出願日 平成13年3月23日 (2001.3.23)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 青山 智

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 井口 哲

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100096817

弁理士 五十嵐 孝雄 (外3名)

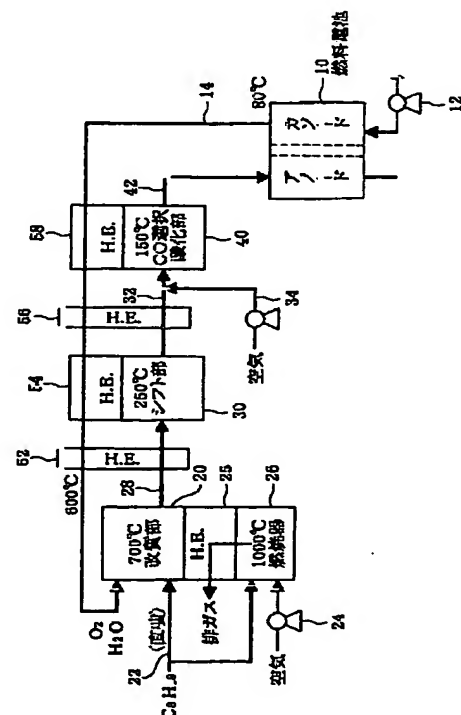
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改質部を備える燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】 この発明は、改質部で必要となる水や酸素の供給源を外部に不要として装置のコンパクト化を図ることと、燃料電池に供給される燃料ガス中の水素濃度の低減を防止することとを両立する。

【解決手段】 改質部20、シフト部30、CO選択酸化部40によってイソオクタンから水素を含有する燃料ガスを生成する。燃料電池10のカソード側から排出されるカソードオフガスを接続管14によって改質部20に送る。さらに、燃焼器26の燃焼ガスを改質部25に隣接する熱交換器25に送ることで、改質部20を加熱する。カソードオフガス中には、水蒸気や未反応の酸素が含まれることから、改質部に蒸発器や外部から酸素を供給する導管等を設ける必要がない。改質部20を加熱することで、発熱反応である部分酸化反応の程度を低く抑えることができることから、燃料ガスの水素濃度は低減しない。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 水蒸気改質反応と部分酸化反応を併用して炭化水素系燃料から水素を含有する改質ガスを生成する改質部と、

水素と酸素の供給を受けて発電を行なう燃料電池と、前記改質部からの改質ガスを前記燃料電池に導く改質ガス用流路とを備える燃料電池システムにおいて、前記燃料電池の酸素極側から排出されるガスを前記改質部に導くことで、該ガスの成分を前記改質部での両反応に利用する酸素極排ガス用流路と、前記改質部を外側から加熱する外部加熱手段とを備えることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項2】 前記燃料電池の燃料極側から排出されるガスを、前記外部加熱手段の燃料として前記外部加熱手段に導く燃料極排ガス用流路を備える請求項1に記載の燃料電池システム。

【請求項3】 請求項2に記載の燃料電池システムであって、

前記外部加熱手段は、前記燃料極排ガス用流路からのガスを燃焼する燃焼部と、該燃焼部で発生した燃焼ガスを媒体として前記改質部に熱を伝える熱伝達部とを備え、当該燃料電池システムは、

前記燃料極排ガス用流路の途中に設けられ、前記燃料極側から排出されるガスの温度を、前記改質部からの熱を利用して高める燃料極排ガス用流路加熱手段を備える燃料電池システム。

【請求項4】 前記改質ガス用流路の途中に設けられ、前記改質ガスの中から水素を分離する水素分離部を備える請求項1ないし3のいずれかに記載の燃料電池システム。

【請求項5】 前記水素分離部の水素分離後の残余ガスを、前記外部加熱手段の燃料として前記外部加熱手段に導く残余ガス用流路を備える請求項4に記載の燃料電池システム。

【請求項6】 前記水素分離部は、両面の水素分圧差を利用して水素を分離する水素分離膜を備える請求項4または5に記載の燃料電池システム。

【請求項7】 水蒸気改質反応と部分酸化反応を併用して炭化水素系燃料から水素を含有する改質ガスを生成する改質部と、

水素と酸素の供給を受けて発電を行なう燃料電池と、前記改質部からの改質ガスを前記燃料電池に導く改質ガス用流路とを備える燃料電池システムにおいて、前記燃料電池の酸素極側から排出されるガスを前記改質部に導くことで、該ガスの成分を前記改質部での両反応に利用する酸素極排ガス用流路と、前記改質ガス用流路の途中に設けられ、前記改質部から

の改質ガスの中から水素を分離する水素分離部とを備えることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項8】 前記水素分離部は、両面の水素分圧差を利用して水素を分離する水素分離膜を備える請求項7に記載の燃料電池システム。

【請求項9】 請求項1ないし8のいずれかに記載の燃料電池システムであって、

前記燃料電池に前記酸化ガスを供給する酸化ガス供給装置を備え、

前記酸化ガス供給装置は、少なくとも酸素を含有する混合気体から高酸素濃度気体を取り出し、該取り出した高酸素濃度気体を前記酸化ガスとして前記燃料電池に供給する酸素富化手段を備える燃料電池システム。

【請求項10】 前記燃料電池での水素利用率を制御する水素利用率制御手段を備える請求項1ないし9のいずれかに記載の燃料電池システム。

【請求項11】 前記燃料電池の酸素極側から排出されるガス中の水蒸気の一部を回収可能な水貯留槽を備える請求項1ないし10のいずれかに記載の燃料電池システム。

【請求項12】 前記水貯留槽は、前記燃料電池を備える燃料電池スタックの内部に設けられた構成である請求項11に記載の燃料電池システム。

【請求項13】 前記水貯留槽は、前記燃料電池を備える燃料電池スタックの外部に設けられるとともに、前記酸素極排ガス用流路の一部を構成する請求項11に記載の燃料電池システム。

【請求項14】 請求項13に記載の燃料電池システムであって、前記水貯留槽における水蒸気の結露に影響を与える内部状態を変化させる状態制御手段を備える燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

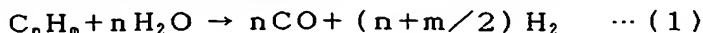
【0001】

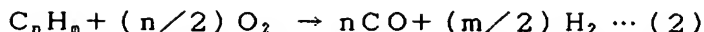
【発明の属する技術分野】この発明は、燃料電池システムに関し、特に、改質反応を利用して炭化水素系燃料から水素を生成する改質部を備えた燃料電池システムに関する。

【0002】

【従来の技術】燃料電池を発電装置として用いる場合、水素を燃料電池の水素極側に供給する必要がある。水素の供給には、原料として用意されたメタノールや天然ガスなどの炭化水素系燃料から改質反応により取り出された水素を利用していた。改質反応としては、種々の改質反応、例えば、水蒸気改質反応、部分酸化反応がある。一例として天然ガスを用いた場合の改質反応を以下に示した。

【0003】





【0004】上式(1)で表わされる反応は水蒸気改質反応であり、上式(2)で表わされる反応は部分酸化反応である。これら反応は、いずれか一方を採用することもできるが、双方を同時に一つの改質部内で働かせることもできる。水蒸気改質反応は吸熱反応であり、部分酸化反応は発熱反応であることから、上記のように水蒸気改質反応と部分酸化反応とを一つの改質部内で働かせることで、改質部での熱量の収支を釣り合わせることができる。これら反応は、上式(1)、(2)で表わされるように、水蒸気改質反応は水を供給することで、部分酸化反応は酸素を供給することで促進される。

【0005】従来より、上記改質部での水と酸素の供給を効率的に行なう技術として、特開2000-195534号公報に示すように、燃料電池の運転時に酸素極側から排出されるオフガスを改質部に循環させる技術が提案されている。この技術によれば、燃料電池の運転により生成される水蒸気や未反応の酸素の再利用を図ることで、蒸発器や、外側から酸素を供給する導管などを不要とすることができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】蒸発器や外部から酸素を供給する導管などを不要とするためには、改質部における熱量の収支から見て、自ずと部分酸化反応をある程度の大きさに高める必要がある。部分酸化反応では、炭素ばかりではなく水素も酸化されることから、部分酸化反応の程度を高めると、酸化される水素量は大きなものとなり、生成される改質ガスの水素濃度が低減するといった問題が生じた。

【0007】この発明は、改質部で必要となる水や酸素の供給源を外部に不要として装置のコンパクト化を図ることと、燃料電池に供給される燃料ガス中の水素濃度の低減を防止することとを両立することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】前述した課題の少なくとも一部を解決するための手段として、以下に示す構成をとった。

【0009】この発明の第1の燃料電池システムは、水蒸気改質反応と部分酸化反応を併用して炭化水素系燃料から水素を含有する改質ガスを生成する改質部と、水素と酸素の供給を受けて発電を行なう燃料電池と、前記改質部からの改質ガスを前記燃料電池に導く改質ガス用流路とを備える燃料電池システムにおいて、前記燃料電池の酸素極側から排出されるガスを前記改質部に導くことで、該ガスの成分を前記改質部での両反応に利用する酸素極排ガス用流路と、前記改質部を外側から加熱する外部加熱手段とを備えることを要旨としている。

【0010】上記構成の燃料電池システムによれば、酸素極排ガス用流路によって、燃料電池の酸素極側から排

出されるガスが改質部に送られる。このガス中には、燃料電池の運転により生成される水蒸気や未反応の酸素が含まれることから、水蒸気改質反応に必要な水と部分酸化反応に必要な空気とを、別途、蒸発器や外部から酸素を供給する導管等を設けることなしに、システムの系の中でまかなうことができる。このために、システムの小型化を図ることができる。しかも、外部加熱手段によって改質部は加熱されることから、発熱反応である部分酸化反応の程度を低く抑えても改質部における熱量の収支の釣り合いを崩すこともない。このために、部分酸化反応による水素量の低下を抑えて、改質ガス中の水素濃度の低減を防止することができる。すなわち、この第1の燃料電池システムによれば、システムの小型化と、改質ガス中の水素濃度の低減防止との両立を図ることができる。

【0011】上記構成の第1の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池の燃料極側から排出されるガスを、前記外部加熱手段の燃料として前記外部加熱手段に導く燃料極排ガス用流路を備える構成とすることができる。

【0012】この構成によれば、外部加熱手段の燃料を従来廃棄する排ガスによってまかなうことができる。したがって、システムの系全体におけるエネルギー効率が優れている。

【0013】上記燃料極排ガス用流路を備える燃料電池システムにおいて、前記外部加熱手段は、前記燃料極排ガス用流路からのガスを燃焼する燃焼部と、該燃焼部で発生した燃焼ガスを媒体として前記改質部に熱を伝える熱伝達部とを備え、当該燃料電池システムは、前記燃料極排ガス用流路の途中に設けられ、前記燃料極側から排出されるガスの温度を、前記改質部からの熱を利用して高める燃料極排ガス用流路加熱手段を備える構成とすることができる。

【0014】燃料電池の燃料極側から排出されるガスは、燃料電池の運転温度に従う温度となることから比較的温度が低い。このために、燃焼部でそのガスをそのまま燃焼させても、その燃焼ガス温度では改質部の温度を十分に高めることが困難である。この構成の燃料電池システムでは、改質部からの熱によって上記ガスは十分な温度に高められることから燃焼ガス温度も十分に高くなる。このために、改質部を改質反応に必要な高温に容易に高めることができる。

【0015】上記構成の第1の燃料電池システムにおいて、前記改質ガス用流路の途中に設けられ、前記改質ガスの中から水素を分離する水素分離部を備える構成とすることができる。

【0016】この構成によれば、水素分離部により改質ガス中の水素を分離することができることから、燃料電池に投入される燃料ガスとしてはより一層水素濃度の高いガスを得ることができる。

【0017】上記水素分離部を備える燃料電池システムにおいて、前記水素分離部の水素分離後の残余ガスを、前記外部加熱手段の燃料として前記外部加熱手段に導く残余ガス用流路を備える構成とすることもできる。

【0018】この構成によれば、外部加熱手段の燃料を水素分離部の水素分離後の残余ガスによってまかなうことができる。したがって、システムの系全体におけるエネルギー効率が優れている。

【0019】上記水素分離部を備える燃料電池システムにおいて、前記水素分離部は、両面の水素分圧差を利用して水素を分離する水素分離膜を備える構成とすることができる。

【0020】水素分離部にパージガスを供給する等によって水素分圧を低下させれば、水素分離膜によって分離を効率的に行なうことができる。

【0021】この発明の第2の燃料電池システムは、水蒸気改質反応と部分酸化反応を併用して炭化水素系燃料から水素を含有する改質ガスを生成する改質部と、水素と酸素の供給を受けて発電を行なう燃料電池と、前記改質部からの改質ガスを前記燃料電池に導く改質ガス用流路とを備える燃料電池システムにおいて、前記燃料電池の酸素極側から排出されるガスを前記改質部に導くことで、該ガスの成分を前記改質部での両反応に利用する酸素極排ガス用流路と、前記改質ガス用流路の途中に設けられ、前記改質部からの改質ガスの中から水素を分離する水素分離部とを備えることを要旨としている。

【0022】上記構成の燃料電池システムによれば、酸素極排ガス用流路によって、燃料電池の酸素極側から排出されるガスが改質部に送られる。このガス中には、燃料電池の運転により生成される水蒸気や未反応の酸素が含まれることから、水蒸気改質反応に必要な水と部分酸化反応に必要な空気を、別途、蒸発器や外部から酸素を供給する導管等を設けることなしに、システムの系の中でまかなうことができる。このために、システムの小型化を図ることができる。燃料電池の酸素極側から排出されるガスを改質部に戻す場合、発明が解決しようとする課題の項で説明したように部分酸化反応の程度を高める必要がある。この構成の燃料電池システムでは、水素分離部により改質ガス中の水素を分離することができることから、例えば部分酸化反応の程度を高めることで改質ガスの水素濃度が低減したとしても、燃料電池に投入される燃料ガスとしては水素濃度の高いガスを得ることができる。すなわち、この第2の燃料電池システムによれば、システムの小型化と、燃料ガス中の水素濃度の低減防止との両立を図ることができる。

【0023】上記第2の燃料電池システムにおいて、前記水素分離部は、両面の水素分圧差を利用して水素を分離する水素分離膜を備える構成とすることができる。

【0024】水素分離部にパージガスを供給する等によって水素分圧を低下させれば、水素分離膜によって分離

を効率的に行なうことができる。

【0025】上記第1または第2の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池に前記酸化ガスを供給する酸化ガス供給装置を備え、前記酸化ガス供給装置は、少なくとも酸素を含有する混合気体から高酸素濃度気体を取り出し、該取り出した高酸素濃度気体を前記酸化ガスとして前記燃料電池に供給する酸素富化手段を備える構成とすることができる。

【0026】この構成によれば、改質ガス中に含まれる窒素濃度が少なくなり、窒素ガスによる希釈割合が低減されることから改質ガス中の水素濃度をより一層高めることができる。

【0027】上記第1または第2の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池での水素利用率を制御する水素利用率制御手段を備える構成とすることができる。

【0028】この構成によれば、水素利用率制御手段により水素利用率を変化させることで、燃料電池のカソード側で発生する水の量を変えることができ、燃料電池の酸素極側から排出されるガス中の水蒸気量を変化させることができる。したがって、起動時や負荷変動時等の通常でない運転時に、改質部においてより多くの水が必要となった場合にも、燃料電池の水素利用率を変化させることで、上記酸素極の排ガス中に含まれる水蒸気量を増大させることができることから、そのガスだけで改質部に必要な水を十分にまかなうことができる。このために非通常運転時のためにも、別途、蒸発器や外部から酸素を供給する導管等を設ける必要がないことから、システムの小型化が確実に実現される。

【0029】上記第1または第2の燃料電池システムにおいて、前記燃料電池の酸素極側から排出されるガス中の水蒸気の一部を回収可能な水貯留槽を備える構成とすることもできる。

【0030】この構成によれば、酸素極側からの排ガスだけで改質部中の水をまかなうことができないような場合にも、水貯留槽に蓄えられた水を利用することで改質部に必要な量の水を供給することが可能となる。

【0031】上記構成において、前記水貯留槽は、前記燃料電池を備える燃料電池スタックの内部に設けられた構成とすることができる。

【0032】この構成によれば、水貯留槽は、燃料電池の運転温度を受けて常に一定の温度に保たれることになる。このために、燃料電池での水生成量に関わりなく、ほぼ一定量の水を水貯留槽に蓄えることができる。

【0033】上記水貯留槽を備える構成において、前記水貯留槽は、前記燃料電池を備える燃料電池スタックの外部に設けられるとともに、前記酸素極排ガス用流路の一部となる構成とすることができる。この構成において、前記水貯留槽における水蒸気の結露に影響を与える内部状態を変化させる状態制御手段を備える構成とすることもできる。

【0034】この構成によれば、酸素極排ガス用流路の途中で水貯留槽によって水が蓄えられる。この水貯留槽は、状態制御手段によって、水蒸気の結露に影響を与える内部状態に調整される。このために、水貯留槽での水蒸気の結露量、すなわち水の貯留量を制御することが可能となる。

【0035】

【発明の他の態様】この発明は、以下のような他の態様も含んでいる。その態様は、特許請求の範囲の欄の各請求項に記載した燃料電池システムにおいて、前記燃料電池での空気利用率を制御する空気利用率制御手段を備える燃料電池システムとしての態様である。この態様では、空気利用率制御手段により空気利用率を変化させることで、燃料電池の酸素極側で発生する酸素の量を変えることができ、燃料電池の酸素極側から排出されるガス中の酸素量を変化させることができる。したがって、改質部においてより多くの酸素が必要となった場合にも、燃料電池の空気利用率を変化させることで、上記酸素極の排ガス中に含まれる酸素量を増大させることができることから、そのガスだけで改質部に必要な空気を十分にまかなうことができる。

【0036】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について、実施例に基づき以下の順序で説明する。

- A. 第1実施例：カソードオフガスを改質部に供給＋外部加熱
- B. 第1実施例の変形例：アノードオフガスを外部加熱の燃料として利用
- C. 第2実施例：カソードオフガスを改質部に供給＋水素分離膜
- D. 第3実施例：カソードオフガスを改質部に供給＋水素分離膜＋外部加熱
- E. 第4実施例：酸素富化部を備える構成
- F. 第5実施例：水素利用率を可変する構成
- G. 第6実施例：水のリザーバタンクを備えた構成
- H. 第6実施例の第1変形例：リザーバタンクをスタック内部に設けた構成
- I. 第6実施例の第2変形例：リザーバタンクの温度を可変する構成
- J. その他の変形例

【0037】A. 第1実施例：カソードオフガスを改質部に供給＋外部加熱

図1は、第1実施例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。この燃料電池システムは、原料を分解して水素リッチな燃料ガスを生成する燃料ガス生成システムと、生成された燃料ガス中の水素と、空気中の酸素とを用いた電気化学反応により起電力を得る燃料電池10とから構成される。

【0038】燃料電池10は、発電を行なう際に水（水蒸気）を副生する種類のものであればよく、具体的に

は、固体高分子型燃料電池、リン酸型燃料電池などである。本実施例では、比較的小型で発電効率に優れる固体高分子膜型の燃料電池を適用した。燃料電池10は、電解質膜、カソード、アノード、およびセパレータとから構成されるセルを複数積層して構成されている。電解質膜は、フッ素系樹脂などの固体高分子材料で形成されたプロトン伝導性のイオン交換膜である。カソードおよびアノードは、共に炭素繊維を織成したカーボクロスにより形成されている。セパレータは、カーボンを圧縮してガス不透過とした緻密質カーボンなどガス不透過の導電性部材により形成されている。アノードおよびカソードとの間に燃料ガスおよび酸化ガスの流路を形成する。酸化ガスは圧縮ポンプ12により圧縮された空気が用いられ、燃料ガスは燃料ガス生成システムにより生成される。

【0039】燃料電池10のアノード側では、燃料ガスが送り込まれると、水素イオンが生成される（ $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ ）。一方、カソード側では、空気が送り込まれると、この空気中の酸素から酸素イオンを生成し、燃料電池内では電力が発生する。また、これと同時にカソードにおいて、前記水素イオンと酸素イオンとから水が副生される（ $(1/2)\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ ）。この水のほとんどは、燃料電池内で発生する熱を吸収して水蒸気として生成される。このカソード側で生成される水蒸気を後述する改質部20に送り込めるように燃料電池10のカソード側に接続管14の一端が接続されている。

【0040】原料から燃料ガスを生成するための燃料ガス生成システムの概略構成は、次の通りである。原料には、イソオクタン（ C_8H_{18} ）を主成分とするガソリンが用いられる。この燃料ガス生成システムは、イソオクタンを改質して水素を含有するガス（以下、改質ガスと呼ぶ）を生成する改質部20と、この改質部20で生成された改質ガスからCOを除去するシフト部30およびCO選択酸化部40とを備える。なお、原料には、天然ガスなどの他の炭化水素燃料やアルコールなどの含酸素燃料を用いる構成とすることもできる。

【0041】改質部20には、図示しない燃料タンクに接続される供給管22が接続されており、また、上述した燃料電池10のカソード側に接続された接続管14の他端が接続されている。供給管22からは、ガソリンが直接噴霧される。接続管14からは、燃料電池10のカソードオフガスが送り込まれることにより燃料電池10で発生する水蒸気、残存する未反応の酸素が供給される。改質部20の内部には、改質反応を促進する改質用触媒が備えられている。ガソリンや天然ガスを原料とする場合には、例えばニッケル触媒やロジウム貴金属を改質用触媒として用いることができ、メタノールを原料として用いる場合には、 CuO-ZnO 系触媒、 Cu-ZnO 系触媒などが有効であることが知られている。

【0042】改質部20では、イソオクタンと水と酸素の供給を受けて、先に式(1)(2)で示した水蒸気改質反応と部分酸化反応とが併せて発生する。なお、改質部20への水と酸素の供給は、前述した接続管14によるものが全てであり、外部から他の手段によりなされてはいない。もちろん、負荷が変動する場合や燃料電池の特性によっては、別途水(または水蒸気)と酸素を供給する系を備える構成とすることもできる。

【0043】上記改質部20には、熱交換器(heat exchanger)25を介して燃焼器26が隣接して設けられている。燃焼器26の燃料としては、図示しない燃料タンク(改質部20にガソリンを供給する燃料タンクと同一)からのガソリンの一部が供給される。また、燃焼器26には、圧縮ポンプ24により空気が供給される。燃焼器26はガソリンと空気の供給を受けて燃焼を行なう。燃焼器26の燃焼ガスは熱交換器25の内部を通過して外部に排出される。熱交換器25は、燃焼器26からの燃焼ガスによって昇温して、熱を改質部20に伝えている。

【0044】前記改質部20には、接続管28を介してシフト部30が接続されている。このシフト部30は、改質部20において生成された改質ガス中のCOを水と反応させてCO₂に変成させる。このシフト部30の変成反応は、具体的には、 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO}_2$ で示される反応である。なお、このシフト部における変成反応に必要な水としては、燃料電池10のカソードオフガスに含まれる水に加え、アノード側からも水が排出されることから、この水を回収してシフト部30に追加供給してもよい。

【0045】前記シフト部30には、接続管32を介してCO選択酸化部40が接続されている。このCO選択酸化部40は、シフト部30において除去されなかったCOを酸化しCO₂に変成させる。このCO選択酸化部40の変成反応($\text{CO} + (1/2)\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$)には酸素が必要である。そのため、接続管32には、酸素源として空気を送り込む導管34が接続されている。

【0046】前記CO選択酸化部40には、接続管42を介して燃料電池10におけるアノード側の燃料ガス流路が接続されている。CO選択酸化部40から排出されるガスは、燃料ガスとして接続管42を介して燃料電池10に送られる。

【0047】なお、シフト部30およびCO選択酸化部40には、熱交換器54、58がそれぞれ隣接されており、また、改質部20とシフト部30の間の接続管28およびシフト部30とCO選択酸化部40の間の接続管32には、熱交換器52、56がそれぞれ設けられている。シフト部30およびCO選択酸化部40は、熱交換器54、58によって外側から温度調整が図られると共に、熱交換器52、56によってカソードオフガスを媒体として内側から温度調整が図られる。この結果、シフ

ト部30は、その変成に最適な温度に調整され、また、CO選択酸化部40は、COを燃焼させることで生じる発熱を抑える温度に調整される。

【0048】なお、熱交換器52、54、56、58は、燃料電池10のカソードオフガスを送る接続管14も貫挿されており、改質部からの改質ガスあるいはシフト部30あるいはCO選択酸化部40で得た熱量を接続管14側に伝達するよう熱交換を行なっている。

【0049】上記構成の燃料電池システムでは、改質部20に隣接する熱交換器25および上記熱交換器52、54、56、58によって各部の温度調整が図られている。各部がどの程度の温度に調整されているかを次に説明する。

【0050】まず、燃料電池10のカソードには、圧縮ポンプ12によりストイキ比が1.2の空気量が送られる。ここで、ストイキ比とは、発電反応($\text{H}_2 + (1/2)\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$)に必要な酸素量を1.0とした場合の酸素の過剰率を示す。燃料電池10では、ストイキ比1.0を越える分だけ酸素は消費されずに、カソードオフガス中に排出される。この結果、カソードオフガスは、N₂が74%、O₂が3%、H₂Oが23%の成分比となる。このカソードオフガスの温度は、燃料電池の動作温度(固体高分子型では約80℃)を受けて約80℃となる。カソードオフガスは、熱交換器58、熱交換器56、熱交換器54、熱交換器52で順に加熱されて、約600℃に昇温される。改質部20には、このガスが流入する。

【0051】一方、改質部20には、前述したようにイソオクタンが供給されており、カソードオフガスに含まれる酸素と水とを利用してイソオクタンが改質される。このときの改質部内部の混合ガスの成分比率は、次の通り、O/C(酸素/炭素)=0.4、S/C(水蒸気/炭素)=2.2である。

【0052】図2は、カソードオフガスを改質部20に送り込む構成における、カソードの酸素のストイキ比に対するS/CとO/Cの値を示すグラフである。このグラフは、燃料電池10のカソードのストイキ比が1.0から1.5の値であるとして、各ストイキ比に対するO/CとS/Cを試算するものである。なお、この試算の前提条件として、改質部の改質反応効率は100[%]であり、カソードで生成した水蒸気は全てカソードオフガス中に含まれるものとした。また、燃料電池のアノード側での水素利用率を80%として試算したものである。

【0053】図2に示すグラフからわかるように、ストイキ比がこの実施例の数値である1.2の場合、O/Cは0.4となり、S/Cは2.2となる。すなわち、燃料電池10にストイキ比1.2の酸素含有ガスを送り込むことで、改質部20における水蒸気改質反応で最低限必要な水蒸気量(S/C=約1.6)を上回るだけの水

蒸気を改質部20に供給することが可能となる。

【0054】図1に戻り、改質部20では、混合ガスの O/C が0.7以下の場合、吸熱反応となるが、この実施例では、上記のように $O/C=0.4$ であることから吸熱反応となって熱量が不足する。この実施例では、燃焼器26によって熱交換器25を介して加熱されることで改質部20は温度調整が図られている。

【0055】詳しくは、燃焼器26は、空気を燃焼させて約1000℃となる燃焼ガスを熱交換器25に送る。この結果、熱交換器25に隣接する改質部20は700℃ほどに加熱されることになる。改質部20で改質された改質ガスは、熱交換器52によって温度が下げられる。熱交換器52は、接続管14側に熱量を伝えることで、改質部20から排出された改質ガスの温度の低下を図っており、シフト部30の内部の温度は、この熱交換器52とシフト部30に隣接する熱交換器54とにより、シフト反応に適した約250℃に引き下げられる。

【0056】シフト部30により変成されたガスは、熱交換器56によってさらに温度が下げられる。熱交換器56は、接続管14側に熱量を伝えることで、シフト部30から排出されたガスの温度の低下を図っており、 CO 選択酸化部40の内部の温度は、この熱交換器56とシフト部30に隣接する熱交換器58とにより、約150℃ほどに抑えられる。 CO 選択酸化部40から排出された燃料ガスは、そのまま燃料電池10のアノード側の流路に送られる。

【0057】以上のように構成されたこの第1実施例の燃料電池システムによれば、酸素極排ガス用流路に相当する接続管14によって、燃料電池10のカソード側から排出されるカソードオフガスが改質部20に送られる。カソードオフガス中には、燃料電池10の運転により生成される水蒸気や未反応の酸素が含まれることから、水蒸気改質反応に必要な水と部分酸化反応に必要な空気とを、別途、蒸発器や外部から酸素を供給する導管等を設けることなく、システムの系の中でまかなうことができる。このために、システムの小型化を図ることができる。しかも、燃焼器26によって改質部20は加熱されることから、発熱反応である部分酸化反応の程度を低く抑えても改質部20における熱量の収支の釣り合いを崩すこともない。このために、部分酸化反応による水素量の低下を抑えて、改質ガス中の水素濃度の低減を防止することができる。

【0058】すなわち、この第1実施例の燃料電池システムによれば、システムの小型化と、改質ガス中の水素濃度の低減防止との両立を図ることができる。

【0059】B. 第1実施例の変形例：アノードオフガスを外部加熱の燃料として利用
第1実施例では、燃料電池10のアノードから排出されるアノードオフガスがどのように処理されているか特に説明していなかった。通常は、アノードオフガスを図示

しない燃焼器（改質部用の燃焼器26とは別のもの）に送り込むことで、アノードオフガス中に含まれる残余の水素を焼却する構成がとられている。図3は、第1実施例の変形例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。この変形例では、アノードオフガスを、改質部20を加熱する燃焼器26の燃料として利用する場合を例示した。すなわち、図示するように、燃料電池10のアノードオフガスを燃焼器26に送り込めるように、燃料電池10のアノード側に接続管90の一端が接続され、この接続管90の他端は燃焼器26と接続されている。なお、この第2実施例では、燃焼器26は、第1実施例のように燃料タンクからガソリンの供給を受けてはいない。ただし、負荷変動時に急激な熱量がいる場合もしくはスタックからの戻り水素量が少ない場合の対応として、燃料電池タンクからのガソリン供給を受ける構成とすることもできる。

【0060】この接続管90の途中には、接続管14と接続管28との間にある熱交換器52が、この接続管90とも熱交換するように挿設されている。アノードオフガスは、水素濃度が低いことと、燃料電池10の運転温度が低いことから、通常、前述したように焼却して破棄することしかできなかった。これに対して、この変形例では、アノードオフガスを熱交換器52により一旦加熱することで、約500℃に昇温させて燃焼器26で利用可能な構成としている。

【0061】燃料電池10のアノードオフガスは、燃料電池10の運転温度に従う温度となることから比較的溫度が低い。このために、燃焼器26でアノードオフガスをそのまま燃焼させても、その燃焼ガス温度では改質部20の温度を十分に高めることが困難である。この変形例の燃料電池システムでは、改質部20からの熱によって上記ガスは十分な温度に高められることから燃焼ガス温度も十分に高くなる。このために、改質部20を改質反応に必要な高温に容易に高めることができる。

【0062】したがって、この変形例では、燃焼器26の燃料を従来廃棄するアノードオフガスによってまかなうことができる。したがって、システムの系全体におけるエネルギー効率が優れている。

【0063】C. 第2実施例：カソードオフガスを改質部に供給+水素分離膜

図4は、第2実施例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。この燃料電池システムは、第1実施例と同様に、燃料ガス生成システムと燃料電池110とから構成される。燃料電池110は第1実施例の燃料電池10と同一のものであり、燃料ガス生成システムは第2実施例特有のものである。

【0064】燃料電池10のカソード側には、このカソード側で生成される水蒸気を後述する改質部120に送り込めるように、接続管114の一端が接続されている。

【0065】原料から燃料ガスを生成するための燃料ガス生成システムの概略構成は、次の通りである。原料には、第1実施例と同様に、イソオクタンを主成分とするガソリンが用いられる。この燃料ガス生成システムは、イソオクタンを改質して水素を含有する改質ガスを生成する改質部120と、この改質部20で生成された改質ガスから水素を分離する水素分離部130とを備える。なお、原料には、天然ガスなどの他の炭化水素燃料やアルコールなどの含酸素燃料を用いる構成とすることもできる。

【0066】改質部120には、図示しない燃料タンクに接続される供給管122が接続されており、また、上述した燃料電池10のカソード側に接続された接続管114の他端が接続されている。供給管122からは、ガソリンが直接噴霧される。接続管114からは、燃料電池10のカソードオフガスが送り込まれることにより燃料電池10で発生する水蒸気、残存する未反応の酸素が供給される。改質部120は、第1実施例の改質部20と同一のものである。なお、改質部120で水蒸気改質反応と部分酸化反応とで必要となる水と酸素の供給は、第1実施例と同様に、前述した接続管114によるものが全てであり、外部から他の手段によりなされてはいない。もちろん、負荷が変動する場合や燃料電池の特性によっては、別途水（または水蒸気）と酸素を供給する系を備える構成とすることもできる。

【0067】前記改質部120には、接続管128を介して水素分離部130が接続されている。なお、カソードオフガスを改質部120に供給する接続管114と上記接続管128との間には熱交換器142が設けられている。熱交換器142は、接続管114を介して改質部120からの改質ガスで得た熱量を接続管114側に伝達するよう熱交換を行なっている。

【0068】水素分離部130は、水素分離膜130aを改質ガス投入用の第1室部130bと水素ガス排出用の第2室部130cとで挟んだ構成となっている。第1室部130bに上記接続管129が接続される。なお、この第1室部130bには、シフト触媒が内蔵されている。シフト触媒は、第1実施例のシフト部30と同様の機能を奏するもので、改質ガス中のCOを水と反応させてCO₂に変成させる。水素分離膜130aは、パラジウムなどの水素選択透過性を有する金属で構成された膜である。水素分離膜130aは、パラジウム金属単体で構成することも可能であるが、本実施例では、セラミックで構成された多孔質支持体の細孔中にパラジウムの微粒子を担持させて形成された膜を用いた。本実施例の水素分離膜130aの構造についてさらに説明する。

【0069】図5は水素分離膜130aの断面図である。本実施例の水素分離膜130aは水素分離金属が担持された厚さ0.1mm～5mmの多孔質支持体である。図示する通り、水素分離膜130aの内部では多孔

質支持体を構成するセラミック微粒子a1が数百Å程度の間隔を空けて存在しており、細孔を形成している。この細孔内部に水素分離金属であるパラジウム微粒子a2が担持されている。図示の都合上、パラジウム微粒子a2は散在するように示されているが、実際には、多孔質支持体の細孔を内部で塞ぐ程度に密に担持されている。但し、必ずしも全ての細孔を塞いでいるとは限らない。

【0070】水素を含有する混合ガスが、セラミック微粒子a1の隙間を通過する際に、パラジウム微粒子a2で塞がれたいずれかの細孔を必然的に通過する程度に、パラジウム微粒子a2が担持されていればよい。なお、担持する金属としては、水素を選択的に透過する性質を有する種々の物質を適用でき、パラジウムと銀の合金や、バナジウムの合金などを用いることができる。また、セラミック微粒子としては、アルミナ、窒化珪素、シリカ等を用いることができる。かかる水素分離膜130aは、予め形成された多孔質支持体にパラジウム微粒子a2を溶かした溶剤を含浸させて焼成する含浸担持法や、多孔質支持体を構成するセラミック微粒子とパラジウム微粒子を混合したポリマーを焼成する方法などによって製造することができる。

【0071】図4に戻り、改質部120で改質反応によって生成され、接続管128を介して第1室部130bに供給されてきた水素は、第1室部130bと第2室部130cとの水素分圧差によって水素分離膜130aを第2室部130c側に通過する。水素以外のガスは水素分離膜130aを通過し得ないため排気される。本実施例では、第2室部130cには、パージガスが循環用ポンプ156を介して循環している。また、循環系の起動用パージガスとして経路150を介して空気をパージガス循環ラインに追加できるようになっている。なお、上記パージガスとしては、窒素などの不活性ガスが好ましい。

【0072】第2室部130cは、接続管152を介して燃料電池110と接続されている。水素分離部130により分離された水素は、パージガスとともに、燃料ガスとして燃料電池110のアノード側に供給される。

【0073】燃料電池110のアノードからのオフガスは、接続管154によって水素分離部130の第2室部130cに戻されている。すなわち、接続管152と接続管154とにより、水素分離部130の第2室部130cと燃料電池との間の循環路が形成される。この接続管154には、循環用ポンプ156が介在されており、循環用ポンプ156により循環路をガス（アノードオフガス、すなわち水素とパージガス）が循環する。なお、上記接続管154には、上述した経路150が接続されており、起動時、圧力保持用として空気が循環路内に供給される。

【0074】また、接続管152と接続管154の間には熱交換器158が設けられている。熱交換器158

は、水素分離部130の第2室部130cから排出される燃料ガスの温度を燃料電池110の運転に適した温度まで低下させるとともに、アノードオフガスの温度を水素分離部130に適した温度まで上昇させるように、熱交換を行なっている。

【0075】なお、この第2実施例の燃料電池システムでは、水素分離部130において第1室部130bの圧力が第2室部130cの圧力より高くなるように、水素分離部130への改質ガス供給側の圧力を、水素分離部130からのパージガス循環側の圧力よりも高くしてある。この構成によって、第1室部130bと第2室部130cを隔てる水素分離膜130aにおいて水素の透過が生じる。

【0076】以上のように構成されたこの第2実施例の燃料電池システムによれば、酸素極排ガス用流路に相当する接続管114によって、燃料電池110のカソードオフガスが改質部20に送られる。カソードオフガス中には、燃料電池110の運転により生成される水蒸気や未反応の酸素が含まれることから、水蒸気改質反応に必要な水と部分酸化反応に必要な空気とを、別途、蒸発器や外部から酸素を供給する導管等を設けることなしに、システムの系の中でまかなうことができる。このために、システムの小型化を図ることができる。燃料電池のカソードオフガスを改質部に戻す場合、部分酸化反応の程度を高める必要がある。この構成の燃料電池システムでは、水素分離部130により改質ガス中の水素を分離することができることから、水素分離部での圧力を第2室部130cよりも第1室部130bの圧力を高くすることにより、例えば部分酸化反応の程度を高めることで改質ガスの水素濃度が低減したとしても、燃料電池110に投入される燃料ガスとしては水素濃度の高いガスを得ることができる。すなわち、この第2実施例の燃料電池システムによれば、システムの小型化と、生成ガス中の水素濃度の低減防止との両立を図ることができる。

【0077】D. 第3実施例：カソードオフガスを改質部に供給+水素分離膜+外部加熱

図6は、第3実施例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。この燃料電池システムは、第2実施例の構成を備え（第2実施例と同一のパーツには第2実施例と同じ番号を付けた）、さらに、改質部120を加熱するための燃焼器126を備えた構成である。詳細には、第1実施例と同様に、熱交換器125を介して燃焼器126が隣接して設けられている。燃焼器126の燃料としては、水素分離部130の第1室部130bの残余ガスが供給される。すなわち、また、燃焼器126には、圧縮ポンプ124により空気が供給される。水素分離部130の第1室部130bと燃焼器126とは接続管129により接続されている。

【0078】燃焼器126は水素分離部130からの残余ガスと空気の供給を受けて燃焼を行なう。燃焼器12

6の燃焼ガスは熱交換器125の内部を通過して外部に排出される。熱交換器125は、燃焼器126からの燃焼ガスによって昇温して、熱を改質部120に伝えている。

【0079】上記構成の燃料電池システムは、改質部120に隣接する熱交換器125と第2実施例でも設けられた熱交換器142、158によって各部の温度調整が図られている。各部がどの程度の温度に調整されているかを次に説明する。

【0080】まず、燃料電池110のカソードには、第1実施例と同様に、圧縮ポンプ112によりストイキ比が1.2に高められた空気が送られる。燃料電池からのカソードオフガスは、 N_2 が74%、 O_2 が3%、 H_2O が23%の成分比となる。このカソードオフガスの温度は、燃料電池の動作温度（固体高分子型では約80℃）を受けて約80℃となる。カソードオフガスは、熱交換器142で加熱されて約400℃となる。改質部120には、このガスが送られる。

【0081】一方、改質部120には、イソオクタンが供給されており、カソードオフガスに含まれる酸素と水とを利用してイソオクタンが改質される。このときの改質部内部の混合ガスの成分比率は、第1実施例で説明したように、 $O/C=0.4$ 、 $S/C=2.2$ である。改質部では、混合ガスの O/C が0.7以下の場合、吸熱反応となるが、この実施例では、上記のように $O/C=0.4$ であることから吸熱反応となって熱量が不足する。この実施例では、燃焼器126によって熱交換器125を介して加熱されることで改質部120は温度調整が図られている。

【0082】詳しくは、燃焼器126は、空気を燃焼させて約1000℃となる燃焼ガスを熱交換器125に送る。この結果、熱交換器125に隣接する改質部120は700℃ほどに加熱されることになる。改質部120で改質された改質ガスは、熱交換器142によって温度が下げられる。熱交換器142は、接続管114側に熱量を伝えることで、改質部120から排出された改質ガスの温度を水素分離部130でのシフト反応に適した温度に低下する。この改質ガスは約500℃となって水素分離部130に送られる。

【0083】水素分離部130では、ガスの温度の低下はなく、水素分離部130から排出される水素リッチな燃料ガスは、熱交換器158で約100℃に温度が下げられて、燃料電池110に送られる。燃料電池110のアノードオフガスは、燃料電池110の運転温度と同じ約80℃となって、その後、熱交換器158で約400℃に昇温されて、水素分離部130に戻される。

【0084】上記構成の燃料ガス生成システムにおける各プロセスで、ガス中の水素濃度がどのような値に変わるかを、次に説明する。改質部120から排出される改質ガスは、 H_2 が24.5%、 CO が6.3%、 CO_2 が

5. 1%、 N_2 が52. 6%、 H_2O が11. 5%の成分比となる。水素分離部130の第1室部130bから排出される水素不透過の残余ガスは、 H_2 が7. 6%、 CO が1. 7%、 CO_2 が12. 9%、 N_2 が68. 8%、 H_2O が8. 9%の成分比となる。このため、この残余ガスは十分燃焼することから、燃料ガスとして燃焼器126に接続管129を介して供給される。

【0085】以上のように構成された第3実施例の燃料電池システムによれば、第2実施例と同様に、蒸発器や外部から酸素を供給する導管等を改質部120に設ける必要がないことから、システムの小型化を図ることができるとともに、水素分離部130を設けることにより、改質ガス中の水素濃度の低減防止を図ることもできる。さらに、この第3実施例では、燃焼器126によって改

1. 水素分離部を備える実施例(第2, 第3実施例)の場合

$$\text{効率}E = \text{生成水素量} \times \text{水素透過率} / \text{燃料効率}(\text{LHV}) \cdots (3)$$

ここで、水素透過率は水素分離膜130aの水素透過率

2. 水素分離部を備えない実施例(第1実施例)の場合

$$\text{効率}E = \text{生成水素量} \times \text{水素利用率} / \text{燃料効率}(\text{LHV}) \cdots (3)$$

ここで、水素利用率はアノードでの水素利用率である。上記第1実施例では80%とする。

【0088】図中、実線が、第3実施例のカソードガスのストイキ比に対する効率Eを示すものであり、一点鎖線が、第1および第2実施例のカソードガスのストイキ比に対する効率Eを示すものである。なお、第1実施例の変形例のカソードガスのストイキ比に対する効率Eについても、図中実線で示すことができる。

【0089】図示するように、第3実施例、すなわち、カソードオフガスを改質部に供給し、水素分離膜を設け、外部加熱を行なう構成では、極めて効率Eが高い。特に、カソードガスのストイキ比が小さいほど、つまり、図2からも判るように水蒸気改質主体で改質が行なわれるほど、効率Eが高い。効率Eが80%以上といった高効率も実現可能である。また、第1実施例や第2実施例でも、従来技術(図中、波線で示した)に比較して高効率を実現することができる。さらには、第1実施例の変形例、すなわち、アノードオフガスを外部加熱の燃料として利用した変形例では、第3実施例と同程度に極めて効率Eが高い。

【0090】したがって、図7に示したグラフからも、第1ないし第3実施例によれば、生成ガス中の水素濃度を高めることができることが判る。

【0091】E. 第4実施例：酸素富化部を備える構成
第1ないし第3実施例では、燃料電池10(あるいは110)のカソード側に供給する酸化ガスは、圧縮ポンプ12(あるいは112)により圧縮された空気が用いられている。図8は、第4実施例の燃料電池システムの一部構成を示す説明図である。この第4実施例は、第1ないし第3の実施例のうちのいずれか一つと同一の構成を備え、その上で、燃料電池10(110)に酸化ガスを

質部120は加熱されることから、発熱反応である部分酸化反応の程度を低く抑えても改質部120における熱量の収支の釣り合いを崩すこともない。このために、部分酸化反応による水素量の低下を抑えて、改質ガス中の水素濃度の低減を防止することができる。すなわち、この第3実施例の燃料電池システムによれば、生成ガス中の水素濃度の低減をより一層防止することができる。

【0086】図7は、第1ないし第3実施例の燃料電池システムの水素生成の効率を示すグラフである。このグラフは、横軸に、燃料電池110のカソードに供給する酸化ガスのストイキ比を、縦軸に、水素生成の効率Eをとったものである。ここで、効率Eは、次式(3)または(4)によって定められる。

【0087】

である。上記第2, 第3実施例では80%とする。

供給する酸化ガス供給装置に特有の構成を備えるものである。

【0092】図8に示すように、酸化ガス供給装置は、第1ないし第3実施例と同様に、燃料電池10(110)のカソード側の酸化ガス流路に接続された酸化ガス供給管190と、その途中に設けられた圧縮ポンプ12(あるいは112)とを備えている。さらに、この変形例では、圧縮ポンプ12(112)と燃料電池10(110)との間に、酸素富化部192を備えた構成である。

【0093】酸素富化部192は、磁界式の酸素富化装置であり、酸素分子が常磁性であって高い磁化率を示すことを利用して、空気中の酸素濃度を上昇させる処理(酸素富化)を行なう。酸素分子の磁化率は、 $106.2 \times 10^{-6} \text{ emu/g}$ である。このように、空気中の約23%を占める酸素が常磁性であるのに対し、空気中の約75. 5%を占める窒素は反磁性であって、その磁化率は $-0.43 \times 10^{-6} \text{ emu/g}$ である。したがって、これらの性質を利用して、酸素と窒素とを磁界の中で分離し、空気から高濃度の酸素を得ることができる。すなわち、空気を磁界の中に導くと、常磁性を示す酸素は磁極方向に移動し、大部分が窒素からなる空気の残りの成分は反磁性を示すため磁極から遠ざかる方向に移動し、これによって、磁極付近から高濃度の酸素を取り出すことができる。

【0094】具体的には、酸素富化部192は、ケーシング内に回転ロータを設け、ケーシングと回転ロータとの間の空間に磁界発生部により磁界を発生させたロータリタイプのものである。

【0095】この第4実施例によれば、改質ガス中に含まれる窒素濃度が少なくなり、窒素ガスによる希釈割合

が低減される。したがって、改質ガス中の水素濃度をより一層高めることができる。なお、この変形例では、酸素富化手段として、ロータリタイプの磁界式の酸素富化装置を用いていたが、これに替えて、吸着行程と脱着行程とを繰り返してガス分離を行なう圧力スイング吸着法を採用した酸素富化装置等の他の方式で高酸素濃度気体を取り出す装置を用いた構成とすることもできる。

【0096】F. 第5実施例：水素利用率を可変する構成

第1ないし第4実施例では、燃料電池10の発電条件がどのように決定されるかは特に説明していないが、通常は、図示しない出力制御ユニットによって負荷電流量などの発電条件がコントロールされている。この第5実施例の燃料電池システムは、第1ないし第4の実施例のうちのいずれか一つと同一の構成を備え、その上で、起動時や負荷変動時等の通常でない運転時に、上記出力制御ユニットにおいて負荷電流量を変化させる制御を行なう構成とした。

【0097】負荷電流量を変化させると、消費水素量（負荷電流量は反応した水素量に比例）が変わって燃料電池の水素利用率が変化する。水素利用率が変化することで、燃料電池のカソード側で発生する水の量が変化的ことから、カソードオフガス中の水蒸気量が変化する。このために、起動時や負荷変動時に、改質部においてより多くの水が必要となっても、負荷電流量を高くすることで、水素利用率を高くすることができることから、その結果、カソード側で発生する水蒸気量を多くすることが可能となる。

【0098】したがって、この第5実施例によれば、起動時や負荷変動時等の通常でない運転時に、改質部においてより多くの水が必要となった場合にも、燃料電池の水素利用率を変化させることで、カソードオフガス中に含まれる水蒸気量を増大させることができることから、カソードオフガスだけで改質部に必要な水を十分にまかなうことができる。このために非通常運転時のためにも、別途、蒸発器や外部から酸素を供給する導管等を設ける必要がないことから、システムの小型化が確実に実現される。

【0099】G. 第6実施例：水のリザーバタンクを備えた構成

上記第5実施例では、燃料電池の水素利用率を可変することで、カソードオフガス中の水蒸気量を可変としているが、この構成によれば、改質部で必要となる水量より多くの水蒸気がカソードオフガス中に含まれるようにすることも可能である。かかる構成において、燃料電池のカソードと改質器の間で余分な水分を回収するリザーバタンクを設け、リザーバタンクで回収した水を改質部に送るようにしたのがこの第6実施例である。

【0100】図9は、この第6実施例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。この燃料電池

システムは、水素利用率を可変とした第5実施例（第1実施例の構成を備えたタイプ）と同一の構成を備え、その上で、燃料電池10に隣接するリザーバタンク202を備える。

【0101】図10は、リザーバタンク202の概略構成を示す説明図である。図示するように、燃料電池10を備える燃料電池スタック10Aの底部に隣接して箱状のリザーバタンク202が設けられている。リザーバタンク202は、燃料電池スタック10Aと連通するとともに、接続管14（図9）と連通する排気口202aを備える。カソードオフガスは、このリザーバタンク202を介して排気口202aから接続管14に送られる。カソードオフガス中の水蒸気量が多くなると、水蒸気は結露してリザーバタンク202の底部に貯溜される。リザーバタンク202の底部には、水用接続管204の一端が接続される。

【0102】図9に戻り、水用接続管204の他端は、接続管14の改質部20に近い下流側に連結されている。水用接続管204の途中にはポンプ206が設けられている。ポンプ206は、出力制御ユニット208により制御される。出力制御ユニット208は、第5実施例でいう出力制御ユニットと同様に、負荷電流量を変化させる制御を行なうとともに、ポンプ206の運転を制御する。具体的には、出力制御ユニット208は、燃料電池の水素利用率を必要量より低めに設定して、カソードオフガス中の水蒸気が過飽和となるようにしている。この結果、リザーバタンク202には水蒸気が結露して変化した水が貯溜される。起動時や負荷変動時等のより多くの水を必要とするときには、ポンプ206を稼働させて、リザーバタンク202に蓄えられた水を用接続管204を介して改質部20に続く接続管14に送る。

【0103】上記構成によって、より多くの水を必要とする際にも、リザーバタンク202から改質部に十分の水を供給することができる。したがって、別途、蒸発器や外部から酸素を供給する導管等を設けることなく、改質部に水の供給を確実に行なうことができることから、システムの小型化がより一層確実に実現される。

【0104】なお、この第6実施例は、第1実施例の構成を備えた上で水素利用率を可変とした第5実施例を基にして実現されたものであるが、これに替えて、第2ないし第4実施例のうちのいずれかの構成を備えた上で水素利用率を可変とした第5実施例を基にして実現する構成とすることもできる。また、この第6実施例は、第5実施例を基本構成として備える構成であったが、これに替えて、カソードオフガス中の水蒸気量を多くするために水素利用率を意図的に可変としていない構成である第1ないし第4実施例において、リザーバタンクを設け、そのリザーバタンクに蓄えられた水を改質部20、120に供給する構成とすることもできる。

【0105】H. 第6実施例の第1変形例：リザーバタ

ンクをスタック内部に設けた構成

前記第6実施例では、リザーバタンク202を燃料電池の外部に設けた構成としたが、これに替えてリザーバタンクを燃料電池10を備える燃料電池スタック10Aの内部に設けた構成とすることができる。図11は、燃料電池スタック10Aの内部に設けたリザーバタンク212を示す説明図である。図示するように、燃料電池スタック10Aの底部の内側にリザーバタンク212が設けられている。リザーバタンク212は、上部が開いたトレイ形状をしている。燃料電池内で発生した水蒸気は過飽和分が結露してリザーバタンク212に蓄えられる。このリザーバタンク212に蓄えられた水は、第6実施例と同様に、カソードオフガスを改質部に供給する接続管とは別の管路でもって改質部に供給される。

【0106】この変形例によっても、第6実施例と同様に、別途、蒸発器や外部から酸素を供給する導管等を設けることなしに、改質部に水の供給を確実にこなうことができることから、システムの小型化がより一層確実に実現される。

【0107】なお、この変形例では、リザーバタンク212は、燃料電池の運転温度を受けて常に一定の温度に保たれることになる。このために、燃料電池での水生成量に関わりなくカソードオフガス中には一定の水量（常にカソードガスの利用率に応じた水量）でもって改質部に水を供給することができる。したがって、改質部でのS/C制御が容易となる。

【0108】I. 第6実施例の第2変形例：リザーバタンクの温度を可変する構成

第6実施例では、リザーバタンク202を燃料電池スタックの外部に設けたが、この構成において、さらに、リザーバタンク202の温度を可変としたのがこの変形例である。図12は、この変形例でのリザーバタンク202を下方から見た説明図である。図示するように、リザーバタンク202の底面には、燃料電池スタックAの冷却水が導入される管路220と、燃焼器26で発生して熱交換器25から排出された燃焼ガス（排ガス）が導入される管路222とが蛇行状に沿って配設されている。管路220には第1のバルブ224が、管路222には第2のバルブ226がそれぞれ設けられている。管路220を流れる冷却水量をバルブ224により制御することで、リザーバタンク202の温度を下げるができる。管路222を流れる燃焼ガスの量をバルブ226により制御することで、リザーバタンク202の温度を上げることができる。

【0109】したがって、バルブ224、226の開度を調整することで、リザーバタンク202を所望の温度に調整することができる。この結果、リザーバタンク202での水蒸気の結露量、すなわち水の貯留量の制御が可能となる。この結果、この変形例によれば、改質部でのS/C制御を、燃料電池での水蒸気生成量に依存しな

いで行なうことが可能となる。

【0110】なお、この第6実施例の第2変形例において、リザーバタンク202内の温度を可変とする構成に替えて、リザーバタンク202内の圧力を可変とする構成とすることもできる。要は、リザーバタンク202での水蒸気の結露に影響を与えて結露量を可変可能な物理量であれば、いずれの物理量を可変とする構成とすることもできる。

【0111】J. その他の変形例

前述した第6実施例およびその第1、第2変形例によれば、カソードオフガス中の水蒸気の一部を回収するリザーバタンクを設けて、そのリザーバタンクに蓄えられた水を改質部に供給する構成である。この構成に替えて、燃焼器26、126を備える構成、すなわち、第1実施例、第1実施例の変形例、第3～第5実施例の燃料電池システムにおいて、燃焼器26、126から熱交換器25を介して排出された燃焼ガス（排ガス）から水を回収してその水を改質部に供給する構成とすることもできる。

【0112】さらには、第6実施例およびその第1、第2変形例において、燃焼器26、126から熱交換器25を介して排出された燃焼ガス（排ガス）から水を回収して、その水をリザーバタンク202、212に送り、常にリザーバタンク202、212内の水を確保する構成とすることもできる。

【0113】前述した各実施例において、カソードオフガスは全て改質部に供給する構成としたが、これに替えて、カソードオフガス中から必要な量だけ改質部に供給し、過剰分は燃料電池システムの系外に排出する構成としてもよい。カソードオフガス中の酸素量が多すぎる場合等に、一部は燃料電池システムの系外に排出することになる。

【0114】前記第5実施例では、燃料電池の水素利用率を変化させることで、カソードオフガス中に含まれる水蒸気量を増大させて改質部に供給する水をコントロールしていたが、これに替えて、燃料電池の空気利用率を変化させることで、カソードオフガス中に含まれる酸素量を増大させて改質部に供給する酸素をコントロールする構成とすることもできる。この構成では、燃料電池の空気利用率を変化させることで、燃料電池のカソード側で発生する酸素の量を変えることができ、燃料電池のカソード側から排出されるガス中の酸素量を変化させることができる。したがって、改質部においてより多くの酸素が必要となった場合にも、燃料電池の空気利用率を変化させることで、上記カソードの排ガス中に含まれる酸素量を増大させることができることから、そのガスだけで改質部に必要な空気を十分にまかなうことができる。

【0115】前述した各実施例では、燃料電池システムの系外から改質部に対して水や酸素の供給を行っていない。基本的には、改質部に必要な水や酸素を燃料電池

システムの系内でまかなうことを目的としている。しかしながら、この発明では、改質部で必要な水や酸素を燃料電池システムの系内で必ずしも全てまかなう必要はなく、別途空気吹き込みラインを設けて酸素を追加するようにしてもよいし、別途水供給ラインを設けて水を追加するようにしてもよい。

【0116】以上、本発明の一実施例を詳述してきたが、本発明は、こうした実施例に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々なる態様にて実施することができるのは勿論のことである。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。

【図2】カソードオフガスを改質部20に送り込む構成におけるカソードの酸素のストイキ比に対するS/CとO/Cの値を示すグラフである。

【図3】第1実施例の変形例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。

【図4】第2実施例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。

【図5】水素分離膜130aの断面図である。

【図6】第3実施例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。

【図7】第1ないし第3実施例の燃料電池システムの水素生成の効率を示すグラフである。

【図8】第4実施例の燃料電池システムの一部構成を示す説明図である。

【図9】第6実施例としての燃料電池システムの概略構成を示す説明図である。

【図10】リザーバタンク202の概略構成を示す説明図である。

【図11】燃料電池スタック10Aの内部に設けたリザーバタンク212を示す説明図である。

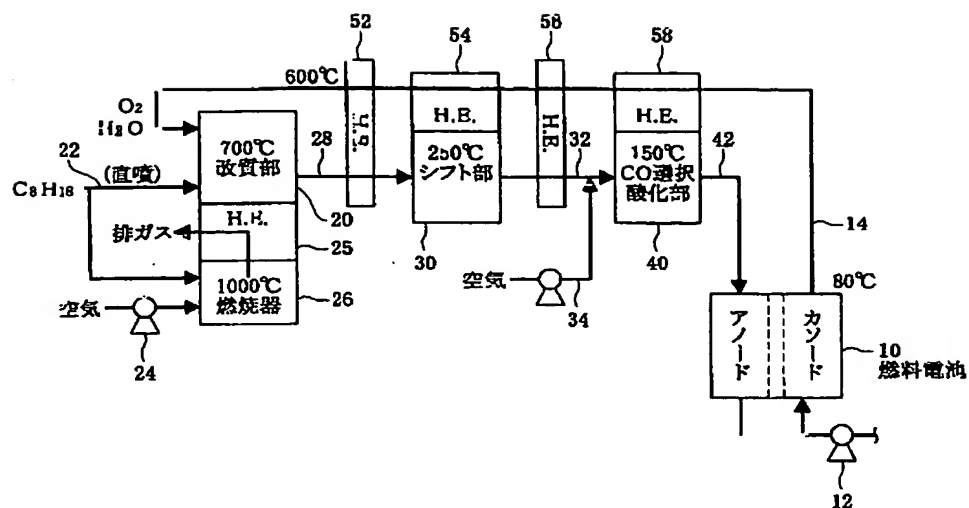
【図12】第6実施例の第2変形例でのリザーバタンク202を下方から見た説明図である。

【符号の説明】

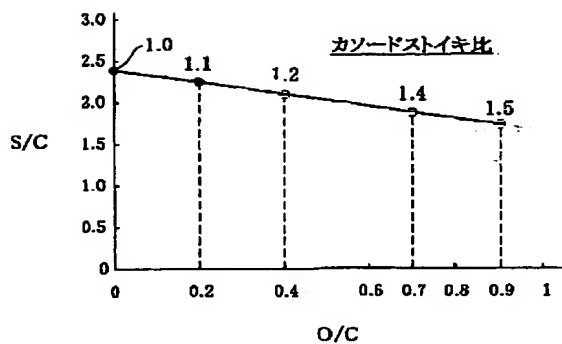
10…燃料電池
10A…燃料電池スタック
12…圧縮ポンプ
14…接続管
20…改質部

22…供給管
24…圧縮ポンプ
25…熱交換器
26…燃焼器
28…接続管
30…シフト部
32…接続管
34…導管
42…接続管
52, 54, 56, 58…熱交換器
90…接続管
110…燃料電池
112…圧縮ポンプ
114…接続管
120…改質部
122…供給管
124…圧縮ポンプ
125…熱交換器
126…燃焼器
128…接続管
129…接続管
130…水素分離部
130a…水素分離膜
130b…第1室部
130c…第2室部
142, 158…熱交換器
150…経路
152…接続管
154…接続管
156…循環用ポンプ
158…熱交換器
190…酸化ガス供給管
192…酸素富化部
202…リザーバタンク
202a…排気口
204…水用接続管
206…ポンプ
208…出力制御ユニット
212…リザーバタンク
220…管路
222…管路
224, 226…バルブ

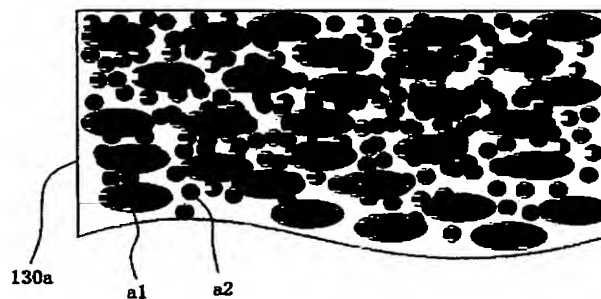
【 図 1 】



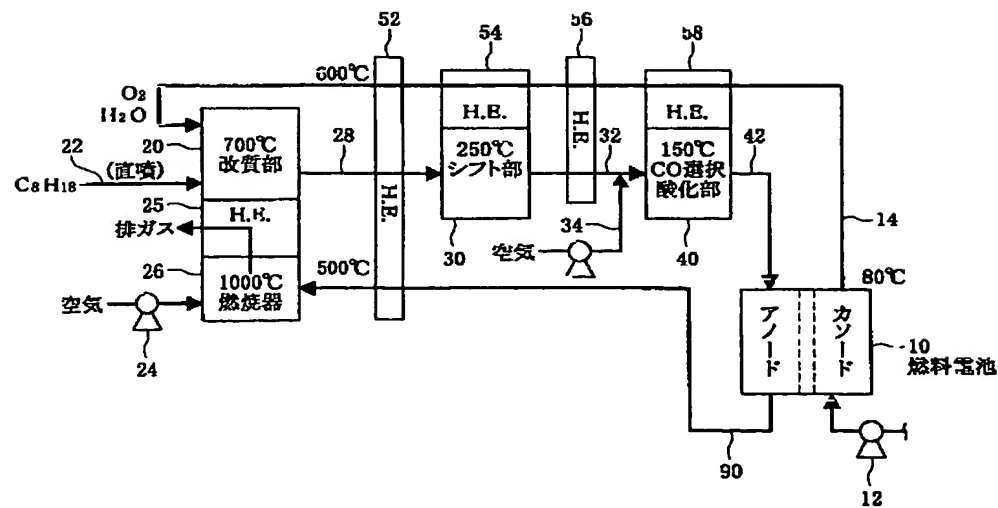
【 図 2 】



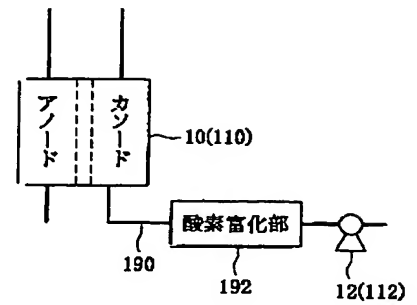
【 図 5 】



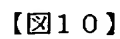
【 図 3 】



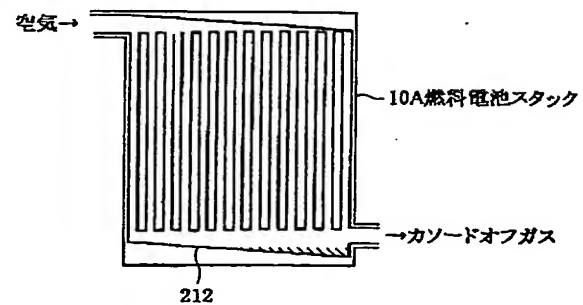
【図8】



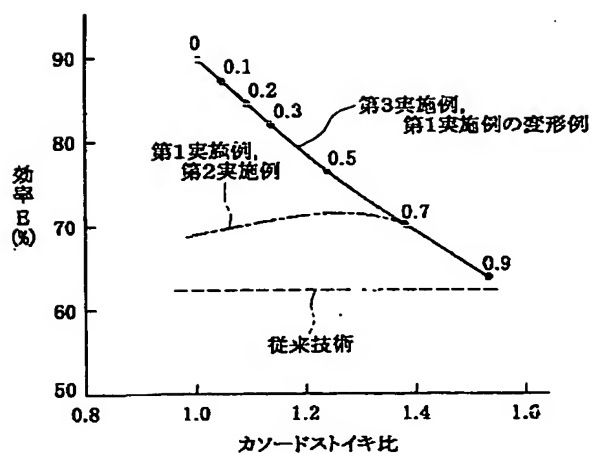
【図6】



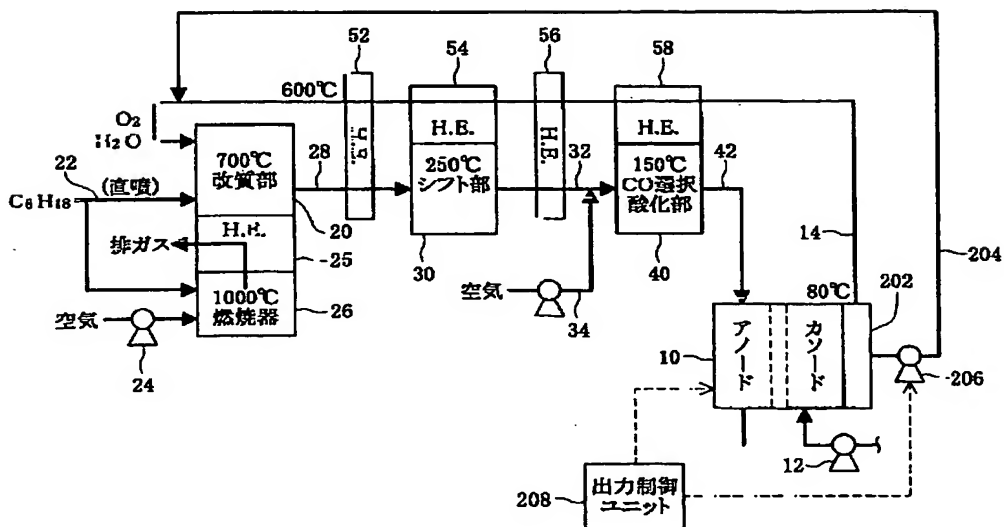
【☒ 1 1】



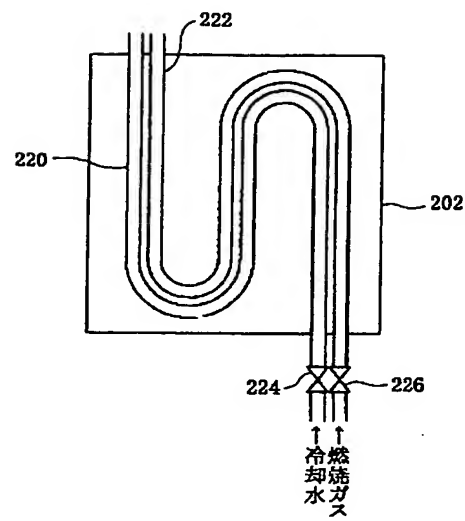
【図7】



【图9】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷
// H 0 1 M 8/10

識別記号

F I
H 0 1 M 8/10

(参考)

Fターム(参考) 4G040 EA03 EA06 EA07 EB12 EB44
FA02 FC01
4G140 EA03 EA06 EA07 EB12 EB44
FA02 FC01
5H026 AA06
5H027 AA02 BA09

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.